



ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

SECHSTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIERTER BAND.

NEBST FÜNF FIGURENTAFELN.



LEIPZIG, 1875.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIVS BARTH.

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875

1875



ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERTVIERUNDFUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE ZWEIHUNDERTUNDDREIZIGSTER.

NEBST FÜNF FIGURENTAFELN.



LEIPZIG, 1875.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CLIV.

Inhalt

des Bandes CLIV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

	Seite
I. Das elektrische Leitungsvermögen der Chloride von den Alkalien und alkalischen Erden, sowie der Salpetersäure in wässerigen Lösungen; von F. Kohlrausch und O. Grotrian	1
II. Das Gleiten elektrischer Funken; von K. Antolik . . .	14
III. Ueber einen Universal-Meteorographen für Solitär-Observatorien; von E. H. v. Baumhauer	37
IV. Fortsetzung der Untersuchung über Stahlmagnete; von A. L. Holz	67
V. Ueber Winkelmessung mittelst des Ocularmikrometers astronomischer Fernröhre; von Matern	91
VI. Ueber das Verhältniß der specifischen Wärme bei constantem Druck und bei constantem Volum; von J. J. Müller .	113
VII. Beobachtungen an Gasspectris; von E. Goldstein . . .	128

VI

	Seite
VIII. Ueber die Spectra der Gase; von W. Wüllner	149
IX. Ueber die Schallgeschwindigkeit des Wassers in Röhren. Vorläufige Mittheilung von V. Dvořák	156

(Geschlossen am 24. Januar 1875.)

Zweites Stück.

	Seite
I. Ueber die galvanische Leitungsfähigkeit geschmolzener Salze; von F. Braun	161
II. Zusammenstellung von Thatsachen, welche die Verringerung des Volumens in Folge chemischer Umsetzung bei festen Körpern erweisen; von W. Müller	196
III. Das elektrische Leitungsvermögen der Chloride von den Alkalien und alkalischen Erden, so wie der Salpetersäure in wässerigen Lösungen; von F. Kohlrausch und O. Grotrian	215
IV. Zur Theorie der Galvanometer; von H. Weber	239
V. Erwiderung auf einige Bemerkungen des Hrn. Baron R. v. Eötvös; von E. Ketteler	260
VI. Einige Bemerkungen zur Helmholtz'schen Vocallehre; von E. v. Qvanten	272
VII. Eine Erwiderung; von R. Schneider	295
VIII. Ueber die Wahl des Querschnitts von Blitzableitern; von W. A. Nippoldt	299
IX. Eine Bemerkung zum Aufsätze des Hrn. Edlund über das Wesen der Elektrizität; von G. Baumgartner	305
X. Beschreibung eines höchst einfachen Apparats um das Spectrum zu photographiren; von H. W. Vogel	306

	Seite
XI. Ueber die an bestäubten und unreinen Spiegeln sichtbare Interferenz-Erscheinung; von M. Sekulić	308
XII. Versuche über die scheinbare Adhäsion; von J. Stefan	316
XIII. Ueber die Leitungsfähigkeit der Haloidverbindungen des Bleies; von E. Wiedemann	318

(*Geschlossen am 1. März 1875.*)

Drittes Stück.

I. Beiträge zur Elektrodynamik; von F. Zöllner	321
II. Ueber das Verhältniß des temporären Magnetismus zur magnetisirenden Kraft und seine Beziehungen zur Wechselwirkung der Metalltheilchen; von E. Börnstein	336
III. Bemerkung zu der Abhandlung des Dr. Streintz über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten; von O. E. Meyer	354
IV. Ueber den Uebergangswiderstand an den Berührungsstellen metallischer Leiter; von F. C. G. Müller	361
V. Die specifischen Wärmen der Elemente Kohlenstoff, Bor und Silicium; von H. F. Weber	367
Erste Abhandlung: Die Abhängigkeit der specifischen Wärme der isolirten Elemente Kohlenstoff, Bor und Silicium von der Temperatur.	
VI. Ueber den Gang der Lichtstrahlen durch ein Spectroskop; von J. L. Hoorweg	423
VII. Ueber die unipolarisirbaren Elektroden; von A. Oberbeck	445
VIII. Ueber die Elektricitätsleitung in Elektrolyten; von W. Beetz	450

IX.	Nachtrag zu meinem Aufsatz: Ueber den scheinbaren Ort eines in einem dichterem Medium befindlichen Lichtpunkts; von K. L. Bauer	461
X.	Allgemeine Lehrsätze über die Bilder sphärischer Spiegel und Linsen; von Demselben	464
XI.	Zur Theorie des Assimilationsprocesses in der Pflanzenwelt; von E. v. Benkovich	468
XII.	Ueber ein einfaches Verfahren zur Auffindung der Pole eines Stabmagnets; von C. G. Müller	474
XIII.	Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts und der Parallaxe der Sonne; von A. Cornu	476

(Geschlossen am 1. April 1875.)

Viertes Stück.

I.	Ueber die unipolare Elektricitätsleitung durch Gasschichten von verschiedener Leitungsfähigkeit; von C. Braun . . .	481
II.	Neue Studien über die Ströme der Elektrisirmaschinen; von F. Rossetti	507
III.	Einige Bemerkungen zur Helmholtz'schen Vocalehre; von E. v. Qvanten	522
IV.	Die specifischen Wärmen der Elemente Kohlenstoff, Bor und Silicium; von H. F. Weber	553
	Erste Abhandlung: Die Abhängigkeit der specifischen Wärmen der isolirten Elemente Kohlenstoff, Bor und Silicium von der Temperatur (Schluß).	
V.	Zur Theorie der anomalen Dispersion; von H. Helmholtz	582

IX

Seite

Seite

461

464

468

474

476

- VI. Elektrische Fallmaschine; von H. Waldner 597
- VII. Zur experimentellen Bestimmung des Diamagnetismus durch
seine Inductionswirkung; von A. Töpler 600
- VIII. Ueber eine optische Methode, die Schwingungen starrer Kör-
per zu studiren; von O. N. Rood 604
- IX. Ueber eine neue Art von Variationstönen; von v. Dvořák . 611
- X. Ueber das Spectrum des Zodiakallichts; von A. W. Wright 619
- XI. Einige Bemerkungen zu dem Thomson'schen Elektrometer;
von K. A. Holmgren 630
- XII. Elektroskopische Notiz 643

(Geschlossen am 8. Januar 1875.)

481

507

522

553

582

Berichtigung

zum Aufsatz von E. v. Qvanten.

S. 283 Z. 5 v. o. l. so daſs z. B. wäre der erste Oberton von *cis* der-
selbe wie der zweite von *c* usw. — statt: so ist z. B. der erste Ober-
ton usw.

Nachweis zu den Figurentafeln.

- Taf. I. — Antolik, Fig. 1 u. 2, S. 19; Fig. 3, S. 21; Fig. 4, 5 u. 6, S. 25 und 27; Fig. 7 u. 8, S. 29; Fig. 9 bis 12, S. 36.
- Taf. II. — Braun, Fig. 1, S. 166; Fig. 2, S. 174; Fig. 3 u. 4, S. 426; Fig. 5, S. 499; Fig. 6, S. 500.
- Taf. III. — Kohlrausch u. Grotrian, Fig. 1, S. 223; Fig. 2, S. 229.
- Taf. IV. — Zöllner, Fig. 1, S. 323; Fig. 2, S. 325; Fig. 3, S. 329; Fig. 4 u. 5, S. 331; Fig. 6, S. 328; Fig. 7, S. 333; Fig. 8, S. 335.
- Taf. V. — F. Weber, Fig. 1, S. 404. — Dvořák, Fig. 2, S. 611; Fig. 3, S. 612. — Wright, Fig. 4, S. 623, 624, 625 u. 628.

I. Das elektrische Leitungsvermögen der Chloride von den Alkalien und alkalischen Erden, sowie der Salpetersäure in wässrigen Lösungen; von F. Kohlrausch und O. Grotrian.

(Der K. Gesellschaft d. Wiss. zu Göttingen vorgelegt am 11. Juli 1874.)

Die Frage nach der Gröfse der Arbeit, welche der elektrische Strom leistet, wenn er die Bestandtheile eines Elektrolyten bewegt, hat seit langer Zeit das ihr gebührende Interesse gefunden. Es ist unnöthig, auf die Gründe zurückzukommen, welche die experimentelle Erforschung dieses Gebietes erschwert und zum gröfseren Theile wenig ersprießlich gemacht haben. Nachdem sich herausgestellt hat, dafs man diesen Hindernissen ganz und auf die einfachste Weise durch die Anwendung rasch wechselnder gleich starker Ströme entgehen kann, nachdem auch einige Anwendungen dieses Verfahrens bereits vorgenommen wurden¹⁾, soll nunmehr dieser Aufsatz den Anfang einer geordneten Experimentaluntersuchung über das Leitungsvermögen der Elektrolyte bilden.

Um Gesetze auf diesem Gebiete zu gewinnen, von dem man weifs, dafs es manche verwickelte Erscheinungen enthält, erscheint es zweckmäfsig, mit einfachen chemischen Verbindungen zu beginnen und diese gruppenweise zu bearbeiten. Die vorliegende Arbeit giebt, auf Grund der Untersuchung von 35 verschiedenen Lösungen, ein Bild des Leitungsvermögens der Chlor-Alkalien und alkalischen Erden. Ferner fügen wir den früher untersuchten Säuren

¹⁾ Ann. 138, S. 280, 370; 151, S. 378.

(Schwefelsäure und Salzsäure) jetzt die Salpetersäure hinzu, deren Widerstand in 7 Lösungsverhältnissen bestimmt worden ist.

Da das Leitungsvermögen der Elektrolyte in sehr hohem Maaße (nämlich beiläufig zehnmal so stark als der Druck eines Gases) von der Temperatur beeinflusst wird, so hat man auf die letztere GröÙe ein besonderes Augenmerk zu richten. Unsere Beobachtungen umfassen den Temperatureinfluß zwischen 0° und 40°.

Die Methode der Widerstandsmessung durch Wechselströme hat gegenüber ihrer ursprünglichen Gestalt einige Verbesserungen erfahren, wonach sie jetzt an Exactheit und Bequemlichkeit nichts mehr zu wünschen läßt und die Widerstandsbestimmung zersetzbarer Leiter durchaus ebenbürtig neben diejenige der metallischen Leiter stellt. Jedenfalls dürfte von den drei GröÙen, deren Messung hier gefordert wird, nämlich Procentgehalt, Temperatur und elektrischer Widerstand, die letztgenannte bei gleichem Aufwand an Sorgfalt die geringsten Fehlerquellen enthalten, so daß man ein Thermometer oder einen Procentmesser auf die Widerstandsbestimmung gründen könnte, wenn ein Bedürfnis für diese Meßinstrumente vorläge.

1. Die Widerstandsmessung.

Gegenüber seiner anfänglichen Gestalt ist das Verfahren bei der Widerstandsbestimmung in dreierlei Weise vereinfacht oder verfeinert worden: Durch die Construction einer *Stromquelle*, welche die Wechselströme in bequemerer Weise liefert, als die früher gebrauchte Inductionssirene; durch Anwendung der *Wheatstone'schen Stromverzweigung* und endlich durch *Platinirung der Elektroden*.

Ueber die *Stromquelle*¹⁾, welche unter dem Namen *Sinus-Inductor* anderweitig beschrieben worden ist, möge hier nur bemerkt werden, daß sie aus einem durch Ge-

1) Ann. Jubelband S. 290.

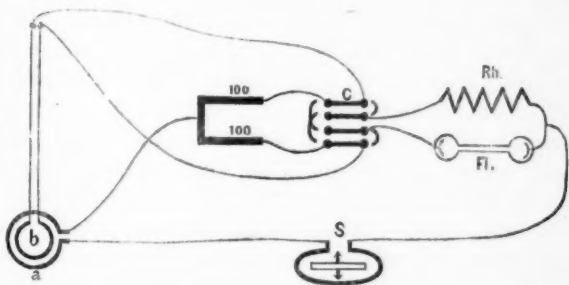
wich
mag
Mag
dung
in I
risc
150
Die
zu e
das
auf
Z
Whe
hung
dure
Verb

Von
durch
dynam
Wider

1) A
2) D
vo
pf
ge
un
se

wicht getriebenen kleinen Räderwerk besteht, welches eine magnetisirte Stahlscheibe von etwa $2\frac{1}{2}$ Millionen Einheiten Magnetismus innerhalb eines Multiplicators von 2700 Windungen bis zu 200maligem Stromwechsel in der Secunde in Rotation versetzen kann. Die mittlere elektromotorische Kraft bei dem im Folgenden angewandten etwa 150maligem Stromwechsel beträgt beiläufig 3 Daniell. Die einmalige Ablaufszeit des Gewichtes genügt reichlich zu einem vollständigen Beobachtungssatze; übrigens kann das Uhrwerk auch während des Ganges, ohne Einfluß auf denselben aufgezogen werden.

Zweitens ist die Messung durch Anwendung der *Wheatstone'schen Brücke*¹⁾ von der völlig constanten Drehungsgeschwindigkeit des Inductors unabhängig und dadurch wesentlich genauer und einfacher geworden. Die Verbindungen sind aus der beigefügten Skizze ersichtlich.



Von dem Sinus-Inductor *S* gehen die Ströme ungetheilt durch die äußere Rolle *a* eines Weber'schen Elektrodynamometers und verzweigen sich durch zwei gleiche Widerstände von je 100 Siem.²⁾ zu einem Weber'schen

1) Ann. Bd. CXLII, S. 428; Bd. CLI, S. 378.

2) Der Verzweigungsreostat besteht aus Paaren gleicher Widerstände von je 1, 10, 100, 1000 Siem. Einheiten, um im Interesse der Empfindlichkeit das geeignetste Paar nach den Ann. Bd. CXLII, S. 428 gegebenen Regeln wählen zu können. Eine solche, von Siemens und Halske bezogene Scala ist überhaupt für Brückenvergleichen sehr bequem.

Commutator *C*, welcher aus vier Messingschienen mit je zwei Quecksilbernäpfen und Klemmen an den Enden besteht. An einem Holzdeckel über den Schienen sind, so wie in der Zeichnung angedeutet, amalgamirte Kupferbügel befestigt, welche bei dem Herunterlegen des Deckels nach rechts oder links entweder die benachbarten oder die nicht benachbarten Schienen paarweise verbinden. Die beiden äußeren, mit dem Verzweigungsrheostat verbundenen Schienen stehen außerdem mit der inneren Rolle *b* des Dynamometers in Verbindung, welcher Zweig also die „Brücke“ bildet, in der die Stromstärke Null anzeigt, daß der Flüssigkeitswiderstand *Fl* dem Widerstande im Rheostaten *Rh* gleich ist.

Man sieht, daß das Umlegen des Commutators die Zweige *Rh* und *Fl* in Bezug auf die übrige Leitung mit einander vertauscht. Ganz unabhängig von einer etwaigen Ungleichheit der Verzweigungswiderstände 100 (die übrigens sehr gering war) sind *Fl* und *Rh* einander gleich, wenn das Dynamometer bei dem Umlegen des Commutators seine Einstellung nicht ändert. Man beobachtete die Einstellungen bei einem etwas zu großen und einem etwas zu kleinen Widerstande *Rh* und interpolirte daraus denjenigen, welcher mit *Fl* gleich ist, wie an einem Beispiele unten gezeigt werden soll.

Der Rheochord. Obwohl einige Versuche zeigten, daß in den doppelt gewickelten Siemens'schen Widerstandsscalen die Extraströme so gut wie unmerklich sind, wollten wir doch auch principiell einem Einwand entgehen und copirten von einem Siemens'schen Satz einen Stöpselrheochord mit den Widerständen 1, 2, 3, 4, 10, 20 . . . 400 Siem. Diese Eintheilung 1, 2, 3, 4 anstatt der gewöhnlichen 1, 2, 2, 5 bietet zwei Vortheile, nämlich erstens die nöthigen Vergleichen für eine Fehlertabelle zu liefern ($3 = 2 + 1$, $4 = 3 + 1$, $4 + 1 = 3 + 2$), und zweitens, für die Anwendung der Fehlertabelle, keine gleich benannten Widerstände durch Indices unterscheiden zu müssen.

Diese Widerstände wurden sorgfältig mit einander verglichen und alsdann auf die zwei Etalons 1135 und 1143 zurückgeführt, die Hr. Siemens zum Zwecke der absoluten Widerstandsbestimmung früher herstellen liefs¹⁾. Nebenbei mag bemerkt werden, daß die Vergleichung bis auf $\frac{1}{5000}$ dasselbe Verhältniß der beiden Etalons ergab, wie vor vier Jahren.

Sämmtliche in diesem Aufsätze vorkommende Widerstände sind unter Berücksichtigung der Temperatur des Rheochord auf die genannten Etalons reducirt.

Als *Flüssigkeitströge* dienten Glasgefäße, bestehend aus zwei Bechergläsern, die durch eine angeblasene Glasröhre verbunden waren²⁾. In den Gläsern befanden sich halbcylindrische Elektroden aus *platinirtem Platinblech* von je etwa 2500 \square^{mm} Oberfläche. (Vergl. S. 8).

Jede Flüssigkeit sollte in der Nähe der Temperaturen 0°, 18° und 40° untersucht werden, zu welchem Zwecke drei Bäder von etwa je 9 Liter Inhalt auf diesen Temperaturen erhalten wurden. Das kalte enthielt Eis und Wasser und befand sich (im Winter) außerhalb des Fensters, das warme wurde durch einen Gasbrenner von 20 kleinen Flammen geheizt. Selbstverständlich waren die Zuleitungsdrähte zu den drei Bädern gegen einander und gegen die zu dem Rheochord führenden Leitungen abgeglichen.

Man mußte etwa eine Viertelstunde nach dem Einbringen des Gefäßes in ein anderes Bad warten, bis die Temperatur der Lösung constant geworden war, was an dem Widerstande selbst leicht erkannt wird. Die Erwärmung durch den Strom kann vernachlässigt werden³⁾.

1) Ann. Erg.-Bd. VI, S. 1.

2) Ann. Bd. 151, S. 381.

3) Für 25procentige NaCl-Lösung im Gefäß No. 3 berechnet sich z. B. folgende Wärmeentwicklung. Die mittlere Stromstärke im Rohre wird aus der elektromotorischen Kraft des Inductors und den vorhandenen Widerständen gleich etwa 0,06 gefunden. Da der Querschnitt des Rohres 120 \square^{mm} betrug, kommt auf 1 \square^{mm} der Strom

Die während eines Beobachtungssatzes, welcher 3 bis 4 Minuten dauert, unvermeidliche kleine Temperaturänderung des Bades wurde folgendermaßen unschädlich gemacht. Erstens las man die Thermometer während dieser Zeit fünfmal ab und nahm das Mittel. Zweitens wurde jeder Satz gleich darauf mit umgekehrter Reihenfolge wiederholt. Die Temperaturschwankung war in dem warmen Bade natürlich am größten, belief sich aber auch hier selten auf $\frac{1}{4}$ Grad.

In jedem Bade befanden sich zwei Thermometer, je in $\frac{1}{4}$ Abstand vom Ende der Röhre, die Kugeln dicht an der letzteren. Die Temperaturen beziehen sich auf zwei Geißler'sche Normalthermometer (mit Correction wegen der Verschiebung des Nullpunktes), auf welche die anderen vier Thermometer reducirt waren.

Als Beispiel möge eine Bestimmung im warmen Bade mitgetheilt werden. Sie betrifft eine 9,947 procentige LiCl-Lösung.

Rheoch.	135 Siem.		134		134		135	
Comm.	I	II	II	I	I	II	II	I
Dynam.	557,25	7,51	9,40	5,75	556,13	8,80	6,60	8,68
Diff. I — II.	— 0,26		— 3,65		— 2,67		+ 2,08	
Temp.	41°,33	34,36	41,41	45,45	41°,40	50,50	50,50	60,60
Widerstand	$= 135 + \frac{0,26}{3,39}$				$134 + \frac{2,67}{4,75} = 134,56$ Siem.			
	$= 135,08$ Siem.							
Temperatur	$= 41°,38.$				$41°,50.$			

2. Nachweis des vollständigen Ausschlusses der Polarisation.

In dem ersten Aufsätze über die Anwendung alternirender Ströme zur Widerstandsbestimmung wurde experimentell nachgewiesen, daß der zersetzbare Leiter sich

$$i = \frac{0,06}{120} = 0,0005. \text{ Nach §. 6 wird also in 1 Cub.-Mm. während}$$

$$\text{einer Secunde die Wärmemenge } \frac{i^2}{434 k}, \text{ d. h. wenn man } k = 0,00002$$

$$\text{setzt, } \frac{0,0005^2}{434 \cdot 0,00002} \text{ Mgr.-Cal. entwickelt.}$$

bis auf geringfügige Abweichungen wie ein metallischer verhielt¹⁾). Man folgerte hieraus, daß bei raschem Stromwechsel die Polarisation ganz wirkungslos sey. Später wurde auf die eigenthümlichen Erscheinungen, welche bei der Anwendung kleiner Elektroden auftreten, die Rechnung angewandt, aus welcher sich die elektromotorische Kraft dünner Gasschichten ergab²⁾).

Wenn man nun aus den letzteren Resultaten auf die frühere Widerstandsbestimmung der Schwefelsäure zurückschließt, so findet sich, daß die dort gebrauchten Platinelektroden von 30^{cm} noch nicht genügten, um die Polarisation vollständig auszuschließen. Unter dem Vorbehalt, später hierauf zurückzukommen, werde einstweilen bemerkt, daß die Leitungsvermögen der Schwefelsäure damals um etwa 4 pCt. im Mittel zu groß gefunden seyn dürften.

In der Wheatstone'schen Brücke, die zu den vorstehenden Messungen gebraucht wird, fällt freilich die Fehlerquelle theilweise weg, indessen läßt sich doch überschlagen, daß die oben genannten Elektroden noch einen merklichen Einfluß zurücklassen, und daß man, um ihn ganz zu entfernen, zu unbequemen Dimensionen der Elektroden übergehen müßte, wenn nicht die *Platinirung der blanken Oberflächen* ein höchst wirksames Mittel der Flächenvermehrung ohne Vergrößerung der Dimensionen böte. Es fand sich nämlich schon früher an platinirten Elektroden von nur 1^{cm} die Polarisation der Wechselströme unseres Inductors fast unmerklich³⁾, wonach zu erwarten stand, daß die Platinirung der Bleche von 25^{cm} sie vollständig verschwinden läßt.

Daß dies der Fall ist, werden die folgenden drei Prüfungen nachweisen.

1) Das Gefäß No. I (folg. Paragraph) wurde mit *Maximal-Schwefelsäure* gefüllt und in den einen Zweig

1) Ann. Bd. 138, S. 296.

2) Ann. Bd. 148, S. 143.

3) Ann. Jubelband S. 301.

der Brückenverbindung (S. 3) eingeschaltet. Die Elektroden waren noch nicht platinirt. Man liefs den Sinus-Inductor mit 5 bis 20 Kgr. Belastung (10 bis 100 Umdrehungen in 1 Sec.) laufen und bestimmte den scheinbaren Widerstand der Säure. Derselbe zeigte sich bei der langsamsten Rotation um etwa $1\frac{1}{2}$ pCt. gröfser als bei der schnellsten, zum Beweise dafs die Elektrodenfläche noch nicht genügte.

Die Messungen wurden wiederholt, nachdem die Elektroden durch einen Strom in Platinchlorid-Lösung mit Platinschwarz überzogen worden waren. Jetzt erhielt man die in der 3. Spalte angegebenen Widerstände, deren Ungleichheit nunmehr nur von der Temperatur (2. Spalte) herrührt. Denn reducirt man alles nach der Formel¹⁾ $k_t = k_0(1 + 0,0241 \cdot t - 0,000029 \cdot t^2)$ auf $22^\circ,0$, so erhält man Zahlen (4. Spalte) ohne regelmässige Abweichungen, deren mittlerer Fehler $\pm 0,17$ Siem. ganz auf die bei den kleinen Geschwindigkeiten gröfsere Unempfindlichkeit der Messung fällt. (Die Zahlen sind um etwa 0,6 pCt. kleiner als bei den glatten Elektroden mit grofser Geschwindigkeit).

Belastung.	Temp.	Widerstand		Abweichung vom Mittel.
		beob. Siem.	bei $22^\circ,0$. Siem.	
15 Kgr.	$22^\circ,26$	140,97	141,55	— 0,06
7,5 "	$22^\circ,18$	141,29	141,68	+ 0,07
5 "	$22^\circ,10$	141,80	142,00	+ 0,39
10 "	$22^\circ,06$	141,39	141,52	— 0,09
15 "	$22^\circ,03$	141,44	141,51	— 0,10
7,5 "	$22^\circ,03$	141,67	141,74	+ 0,13
5 "	$22^\circ,02$	141,43	141,47	— 0,14
20 "	$22^\circ,02$	141,50	141,55	— 0,06
7,5 "	$22^\circ,01$	141,47	141,49	— 0,12

- 1) Ann. 151, S. 394. Hier wurden die Elektroden blank angewendet. Die relativen Leitungsvermögen bei verschiedenen Temperaturen können aber durch diesen Umstand nur in verschwindender Weise beeinflusst worden seyn.

Fasst man die zu gleicher Belastung gehörenden Zahlen zusammen, so findet man:

5	7,5	10	15	20	Kgr.
141,73	141,64	141,52	141,53	141,55	Siem.

2) Man nahm 5procentige *Kochsalzlösung* zwischen den platinirten Elektroden im Gefäß No. III. Gerade so wie oben, nur mit der Temperaturcorrection

$$k_t = k_0 (1 + 0,029 t + 0,00011 t^2)$$

(vgl. Tab. IV.) wurde gefunden:

		bei 18°,32		
		Siem.	Siem.	
15	Kgr.	18°,58	364,66	366,76 + 0,52
7,5	"	18°,33	366,10	366,18 — 0,06
10	"	18°,26	366,71	366,24 ± 0,00
7,5	"	18°,22	367,15	366,36 + 0,12
15	"	18°,17	366,89	365,71 — 0,53
20	"	18°,12	367,79	366,21 — 0,53
10	"	18°,09	368,03	366,22 — 0,02
15	"	18°,06	368,34	366,29 + 0,05

Die Mittelwerthe sind:

7,5	10	15	20	Kgr.
366,27	366,23	366,25	366,21	Siem.

3) Der Widerstand einer *Zinkvitriollösung* von ungefähr Maximal-Leitungsvermögen wurde im Gefäß No. III auf dreierlei Weise bestimmt; nämlich erstens mit constantem Strom zwischen amalgamirten und nach Beetz' Vorschrift¹⁾ frisch in Zinklösung abgekochten Zinkelektroden, sodann zwischen denselben Elektroden mit alternirenden Strömen und endlich mit den letzteren Strömen zwischen den platinirten Platinelektroden. Die Anzahl Stromwechsel betrug etwa 150 in der Secunde. Ueber die Temperaturcorrection siehe den folgenden Paragraphen. Es wurde gefunden:

1) Beetz. Ann. Bd. 117, S. 7.

			Siem.	bei 16°,0	
Zink-	{	const. Strom	16°,07	536,50	537,49 + 0,12
Elektroden		altern. Strom	16°,97	537,80	537,41 + 0,04
Platinelektroden			15°,87	538,98	537,20 - 0,17

Diese drei Prüfungen, in denen die größte Abweichung der Mittelzahlen einem Temperaturfehler von $\frac{1}{26}$ Grad entspricht, nehmen jeden Zweifel daran, daß die zwischen den platinirten Elektroden von 25^{cm} Fläche gefundenen Widerstände nicht mehr merklich von der Polarisation beeinflusst sind.

Zugleich wird durch die letzte der drei Prüfungen der nicht überflüssige Nachweis geführt, daß die Arbeit der Wechselströme (bei denen die Bestandtheile der Elektrolyten nur sehr kleine Pendelschwingungen gegen einander ausführen) den *Ohm'schen Gesetzen* für constante Ströme folgt. Unter dem Vorbehalt, auf diese für die Constitution der Elektrolyte wichtige Frage ausführlicher zurückzukommen, möge hier einstweilen bemerkt werden, daß noch bei viel kleineren Schwingungen, als die bei obigen Versuchen stattfindenden, die *Ohm'schen Gesetze* nicht merklich alterirt zu werden scheinen.

3. Auswerthung des Quecksilberwiderstandes der Glasgefäße.

Die Leitungsvermögen sollen auf Quecksilber von 0° reducirt werden. Da die Form der Gefäße die Rechnung ausschließt, da andererseits der Widerstand des Quecksilbers, welches sie ausfüllt, wegen seiner Kleinheit (0,01 bis 0,0003 Siem.) eine directe Messung nicht erlaubte, so mußte dieser Widerstand auf einem Umwege ermittelt werden. Dies geschah mittelst einer Zinkvitriollösung, deren Leitungsvermögen k zuvor in einem Rohre bestimmt wurde, welches eine Ausmessung gestattete. Bietet ein Gefäß, mit derselben Lösung gefüllt, zwischen Zinkelektroden von derselben Gestalt, wie die nachher anzuwendenden Platinelektroden, den Widerstand w , so ist wk der Quecksilberwiderstand des Gefäßes.

Auf die Ausführung dieser Arbeit muß etwas näher eingegangen werden, da sie verhältnißmäßig die größten Schwierigkeiten enthält.

Eine Glasröhre von etwa 230^{mm} Querschnitt und 0,7 Meter Länge wurde calibriert, indem man sie mit einem angekitteten Hahn versah, alsdann sie, aufrecht gestellt, mit Wasser füllte und Wassersäulen von gemessener Länge auslaufen ließ, deren Gewicht bestimmt wurde. Vorher hatte man das durch Benetzung zurückbleibende Wasser empirisch bestimmt. Da diese Menge nur etwa $\frac{1}{4}$ pCt. betrug, und da sie selbst bei verschiedenen Wägungen bis auf etwa $\frac{1}{4}$ übereinstimmte, so ist man sicher, auf diesem Wege nicht $\frac{1}{10}$ pCt. Fehler zu begehen.

Nun wurde das Rohr nach Entfernung des Hahnes mit zwei Zinkelektroden versehen, von denen die obere an einem langen Stiel aus Zinkdraht befestigt und mit ihm verschiebbar war. Die Länge der Verschiebung wurde an einer Theilung auf dem Stiel abgelesen. Die Röhre war mit Zinkvitriollösung gefüllt und befand sich unterhalb eines weiteren mit Wasser gefüllten Rohres, in welchem drei Thermometer in geeigneter Stellung aufgehangen waren.

Um die Reste der Polarisation, die bei constanten Strömen auch zwischen Zinkelektroden leicht bleiben, zu eliminiren, wurden immer Differenzbeobachtungen mit gleich starkem Strome angestellt. Die Flüssigkeitssäule befand sich nämlich nebst einem Rheostaten in dem einen Zweige der Wheatstone'schen Verbindung; in dem benachbarten ein constanter Widerstand von 600 Siem. Die beiden anderen Zweige hatten je 100 Siem. Nun wurden durch Verschieben der einen Elektrode verschieden lange Flüssigkeitssäulen eingeschaltet und jedesmal die Stromstärke in der Brücke durch Rheostatenwiderstand R auf Null gebracht. Dabei verfuhr man ganz ähnlich, wie in dem Beispiel S. 8, d. h. man interpolirte und machte sich ferner durch einen Commutator von der etwaigen Ungleichheit der beiden 100 unabhängig.

Der Widerstand W der jedesmaligen Flüssigkeitssäule ist offenbar $W = 600 - R$, wenn keine Polarisation vorhanden ist. Indem man nun aber die bei verschiedenen Längen gefundenen W der Flüssigkeitssäulen von einander abzieht, fällt auch die etwaige Polarisation heraus.

Eine besondere Untersuchung ergab, daß in der Nähe der Beobachtungstemperatur das Leitungsvermögen k dieser Zinkvitriollösung für 1° um 0,000000112 zunimmt. Hiermit wurden die Widerstände W von der Beobachtungstemperatur t auf die Mitteltemperatur $22^\circ,76$ reducirt. Die Differenz w zweier benachbarter W ergibt den Widerstand der jedesmal hinzugefügten Flüssigkeitssäule, deren Länge l und deren mittlerer Querschnitt q genannt ist. Das Leitungsvermögen k der Lösung, bezogen auf Quecksilber von 0° findet sich dann $k = \frac{l}{wq}$, nebst der bekannten Correction wegen der conischen Gestalt der Röhre, die jedoch zu unerheblich ist, als daß hier darauf eingegangen werden müßte.

t	W		w	l	q	k bei $22^\circ,76$
	für t	für $22^\circ,76$				
	Siem.	Siem.	Siem.	Met.	\square_{mm}	0,00000
$22^\circ,60$	508,67	506,84	88,26	— 0,1000	224,5	505
$22^\circ,64$	419,71	418,58	86,63	— 0,1002	226,4	511
$22^\circ,69$	332,48	331,95	86,80	— 0,0999	227,7	505
$22^\circ,73$	245,31	245,15	86,57	— 0,1002	231,2	501
$22^\circ,76$	158,58	158,58	84,23	— 0,1002	237,1	502
$22^\circ,77$	74,33	74,35	432,48	+ 0,5006	229,38	—
$22^\circ,78$	506,60	506,83				5048
$22^\circ,89$	505,25	506,72	433,15	— 0,5006	229,38	—
$22^\circ,93$	73,29	73,57				5040

Im Mittel aus den drei Zahlen der letzten Reihe finden wir also das *Leitungsvermögen der Zinkvitriollösung bei $22^\circ,76$*

$$k = 0,0000050451).$$

- 1) Die Lösung hatte ungefähr Maximalleitungsvermögen. Auf 20° reducirt wird $k = 0,000004735$, während Beetz als Maximum 0,000004651 findet. Die Uebereinstimmung ist sehr befriedigend, da die ganze Differenz etwa $0^\circ,7$ Temperaturunterschied entspricht; sie ist möglicherweise durch Säuregehalt unserer Lösung bewirkt

Mit dieser Zinklösung wurden nun die Glasgefäße, deren Quecksilberwiderstand n zu ermitteln war, gefüllt, und zwar zwischen amalgamirten Zinkelektroden gleicher Gestalt wie die Platinelektroden. Der Widerstand w wurde auf gewöhnliche Weise in der Wheatstone'schen Verbindung bestimmt. Die Resultate sind in der folgenden, ohne weiteres verständlichen Tabelle enthalten.

Gefäßs No.	t	w	k_t	$w \cdot k_t = n$
I	22°,59	2046,2	0,000005026	0,010283
III	22°,66	458,7	5034	0,002309
V	22°,77	100,68	5046	0,0005080
VI	22°,87	67,42	5057	0,0003410

Um zu constatiren, daß die Polarisirung der Elektroden nicht merklich war, wurde die Messung mit einzelnen Inductionsstößen anstatt der constanten Ströme wiederholt. Man fand

No.	t	w	k_t	n
I	20°,82	2124,0	0,000004826	0,010250
III	20°,92	474,9	4837	0,002297
V	21°,22	104,03	4871	0,0005067
VI	21°,32	69,49	4882	0,0003392

Im Mittel sind die ersten Zahlen um 0,4 pCt. größer als die zweiten, was von einer Spur Polarisirung bei der ersten Bestimmung herrühren könnte. Da aber andererseits die Beobachtung bei den constanten Strömen wesentlich genauer war, da außerdem gegen einen Einfluß der Polarisirung der Umstand spricht, daß die Widerstände bei der Aenderung der stromerregenden Säule, sowie bei der Anwendung anderer Verzweigungswiderstände in der Brücke, sich scheinbar nicht änderten, da endlich die Abweichung vom Mittelwerthe noch nicht 0°,1 Temperaturfehler entspricht, so werde das Mittel aus bei-

worden. Auch der Temperaturcoefficient stimmt mit der von Beetz gefundenen Zunahme 0,00000355 von 20° bis 50° gut überein. (Ann. Bd. 117, S. 29.)

den Reihen genommen. Danach sind die *Widerstände der mit Quecksilber von 0° gefüllten Gefäße*

No. I	III	V	VI
0,010266	0,002303	0,0005074	0,0003401 Siem.
$\pm 0,000017$	$\pm 0,000006$	$\pm 0,0000007$	$\pm 0,0000009$ Siem.

(Schluß im nächsten Heft.)

II. *Das Gleiten elektrischer Funken;* *von Karl Antolik,*

Professor an der Realschule zu Kaschau in Ungarn.

Als ich Anfangs des vergangenen Jahres im ersten Hefte des 151. Bandes dieser Annalen meine Experimente über das Gleiten elektrischer Funken veröffentlichte, war ich noch ein Anfänger in dieser Hinsicht. Seit dieser Zeit aber machte ich sehr viele und recht interessante Versuche, die die Aufmerksamkeit der Gelehrten wohl verdienen; darum säume ich nicht meine neueren Erfahrungen den Fachmännern, die es vor Allen zuerst angeht, mitzutheilen, umsomehr, da ich eben durch diese Versuche die Weise gefunden zu haben hoffe: die Natur der so sehr launenhaften elektrischen Funken wenigstens annähernd ergründen zu können.

Ich will die oben erwähnten Versuche bei dieser Gelegenheit in Kürze wiederholen, um wo möglich die Gesamtheit meiner Erfahrungen darzulegen. Es wird vielleicht auch nicht ganz uninteressant seyn zu bemerken, wie ich zu dieser Entdeckung gelangte.

Lange Zeit prüfte ich die Form des zwischen den Ausladungskugeln der Holtz'schen Elektrisirmaschine überspringenden Funken und etwa vor zwei Jahren wußte ich schon, *dafs, wenn die zwei Ausladungskugeln in einer bestimmten, kleinen Entfernung* (bei meiner

Masch
nicht
der F
negati
eigentl

Mo
Elektr
die n
verlass
um e
könnte
wäre,
kugeln
dergle
dafs
schen
Punkte

Di
ich w
bringe
lange
Endlic
Funke
Zweck
pulver
konnte
mentli
Glasp
rücklic
berufs
ken v
noch
so se
hatte
nen g
die ne

Maschine 5 bis 6 Centimeter) stehen, *der Weg des Funken nicht zickzackförmig, sondern gerade ist, und daß damals der Funke sehr oft in einem einzigen Punkte, näher dem negativen Pole zu, eine scharfe Biegung erleidet, oder eigentlich gebrochen wird.*

Mein erster Gedanke war, daß die entgegengesetzten Elektricitäten sich in diesem Punkte vereinigen, und daß die negative Elektricität etwas schwieriger die Körper verlasse, in denen sie hervorgebracht wird, indem sie sich um etwa $\frac{1}{3}$ des Weges zu verspäten scheint. Freilich könnte die Erscheinung, wenn diese Ansicht begründet wäre, bei Anwendung anderer Körper, als die Messungskugeln sind, andere Resultate geben. Bis jetzt stellte ich dergleichen Versuche nicht an, jedoch muß ich bemerken, daß bei der Einschaltung größerer Leyden'scher Flaschen mir diese Brechung des Funken *im entsprechenden Punkte* durchaus nicht gelingen wollte.

Dieser kritische Punkt interessirte mich so sehr, daß ich weder Zeit noch Mühe sparte ihn öfter hervorzu-
bringen und auf jede erdenkliche Weise zu prüfen; allein lange Zeit konnte ich kein weiteres Resultat erzielen. Endlich erwachte in mir der Gedanke: ob sich etwa der Funke nicht abzeichnen lasse. Ich nahm zu diesem Zwecke eine Glastafel, bestreute sie mit allen möglichen pulverisirten Körpern und hielt sie dem Funken vor, konnte aber auch so zu keinem Resultate gelangen, namentlich da die Elektricität an den scharfen Rändern der Glasplatte knisternd überstrahlte und keine Zeichen zurückließ. Um also auch das Ueberstrahlen zu beseitigen, beriefste ich einen kleinen Glaskolben, hielt ihn dem Funken vor und — *er gehorchte*. Zwar mußte ich auch jetzt noch Kunstgriffe anwenden, allein das erste Resultat war so sehr überraschend für mich, daß ich keine Ruhe mehr hatte und Alles aufbot, um zum Ziele zu gelangen. Meinen gesuchten Punkt habe ich zwar nicht gefunden; aber die neue Erscheinung, *daß der Funke in drei oft auch in*

fünf parallelen Linien gleitet, liefs mich für längere Zeit meinen Punkt vergessen.

Während ich nun den einfachsten Funkenstreifen auf diese Art hervorzubringen wufste, konnte ich dessen zwei Endpunkte in ihrer Vollkommenheit nie hervorrufen. Oft sah ich das eine Ende offen, das andere geschlossen, oft beide Fälle zu gleicher Zeit.

Um die Funken einer Leydener Batterie gleiten zu lassen, klebte ich an eine Glasplatte zugespitzte Staniolblättchen als Elektroden, berufste alsdann die Platte und liefs den Funken gleiten. Aber auch jetzt zeigte es sich, daß der Rufs von den Polen der Funkenstreifen so unsicher abgeschlagen wurde, daß ich die Wirklichkeit zu behaupten nicht wagte und deshalb meine Versuche der gelehrten Welt auch nicht mittheilte. Endlich überklebte ich die zwei Staniolspitzen mit feinem Briefpapier, berufste die Platte und liefs den Funken vom Neuen gleiten. Ich täuschte mich in meiner Erwartung nicht; denn nun bildeten sich auch die Pole des Funkenstreifens vollkommen aus: *sie sind nämlich immer abgerundet und geschlossen*. So überwand ich die größten Schwierigkeiten und konnte nun die Experimente mit rascherem Schritte fortsetzen. Als bald wurde ich gewahr, daß das übergeklebte Papier desto besseren Dienst leistet, je glatter es ist, aus welchem Grunde ich von nun an zu meinen Versuchen das bekannte, glatte und feine Visitenkartenpapier gebrauchte. Dieses entspricht dem Zwecke so gut, daß ich es als sehr geeignet anempfehlen kann.

Nachdem ich gleichsam die Geschichte meiner Funkenstreifen gegeben habe, gehe ich zu deren Detaillirung über und zur näheren Beschreibung meiner neueren Versuche.

Ich theile meine bisherigen Versuche in folgende acht Klassen ein:

1) *Die einfachste Methode und die Versuche mit Leydener Flaschen.*

2) *Die Versuche mit der Bedeckungsmethode.*

3)
4)
5)
6)
7)
8)

1) Die

Z

Kolb

gewö

abzei

Funk

Heft

N

Glas

ten S

einan

kann,

einen

lich t

Rufs,

rirt.

die A

der I

Funk

nien.

und

Pole

wir

fassen

daß

dern

rückk

schw

lichte

Pog

- 3) *Die Versuche mit vorgezeichnetem Wege.*
- 4) *Die Versuche im luftverdünnten Raume.*
- 5) *Die Versuche mit Einschaltung von Widerständen.*
- 6) *Die Methode farbiger Funkenstreifen.*
- 7) *Die Versuche mit der verticalen Methode.*
- 8) *Die Versuche mit der Ableitungsmethode.*

1) Die einfachste Methode und die Versuche mit Leydener Flaschen.

Zu den einfachsten Versuchen zähle ich den berufenen Kolben, sowie alle diejenigen, mittelst welcher sich der gewöhnliche Funke einer Holtz'schen Elektrisirmaschine abzeichnen läßt. (Die zu dieser Klasse gehörigen Funkenstreifen sind in diesen Annalen 1874, Bd. 151, Heft I abgebildet.)

Nehmen wir nun eine etwa 10^{cm} lange und 5^{cm} breite Glasplatte, belegen sie mit 1½ bis 2^{cm} breiten und zugespitzten Staniolblättchen als Elektroden, deren Entfernung von einander je nach der Stärke des Funken 5 bis 8^{cm} betragen kann, überkleben dieselben mittelst Gummi arabicum mit einem Visitkartenpapier, trocknen und berufen sie endlich über einer Stearinkerze, als den dazu geeignetesten Rufs, so ist die Platte zum Versuche vollkommen präparirt. Halten wir nun die so präparirte Platte zwischen die Ausladungskugeln der Elektrisirmaschine, so springt der Funke über und es entsteht ein zickzackförmiger Funkenstreifen mit drei, oft auch mit fünf parallelen Linien. Sehr oft und namentlich, wenn der Funke länger und stärker ist, theilt er sich, *immer näher dem negativen Pole zu*, in zwei oder aber auch in mehrere Aeste. Wenn wir den so entstandenen Funkenstreifen näher in's Auge fassen oder mit einer Lupe untersuchen, so bemerken wir, daß die zwei lichten Streifen nicht ganz weiß sind, sondern daß auf diesen noch eine feine Schicht Rufses zurückblieb. Der innere Streifen ist viel dunkler, oft ganz schwarz und immer viel schmaler, als die ihn umgebenden lichten Streifen. Bemerkenswerth ist noch, daß dieser

innere Streifen, mit einer Lupe betrachtet, gewöhnlich in zwei sehr feine parallele Linien zerlegbar ist, also gespalten erscheint, namentlich wenn der Funke kürzer und doch stärker war. Hält man den Funkenstreifen so gegen das Licht, daß die reflectirten Strahlen in's Auge fallen, so bemerkt man an den äußeren Rändern viele kegelartige Ausläufer, die sich weit in den Ruß erstrecken. Was wir aber bei den einfachsten Funkenstreifen nur ahnen, das wird uns viel klarer, wenn wir die Funkenstreifen Leydener Flaschen untersuchen.

Vor Allem aber muß ich hier bemerken, daß es gleichgültig ist, ob wir die Leydener Flaschen mit positiver oder negativer Elektricität laden und ferner, daß es besser ist mit kleinen, als mit großen Batterien zu arbeiten. Bei allen nachfolgenden Versuchen bediente ich mich einer Batterie, deren gesammte innere Belegung etwa 3000 ^q Centimeter betrug. Funkenstreifen, die mittelst Leydener Flaschen hervorgebracht werden, unterscheiden sich von den Obigen nur dadurch, daß sie viel breiter und ihre Ränder rauher sind und daß bei diesen meistens 5 oder 7 parallele Linien auftreten. Bei diesen Versuchen habe ich nur noch hervorzuheben, daß es sich zeigen läßt, *daß der elektrische Funke auf seinem Wege wirklich einen luftleeren Raum zurückläßt*, denn wenn man die Platte mit einer dickeren Rußschichte überzieht und den Funken gleiten läßt, so entstehen um den Funkenstreifen herum eigenthümliche, zusammenhängende Risse, die offenbar dafür sprechen, daß der Ruß von außen her gegen das Innere des Funkenstreifens einen momentanen Stoß erlitt. Entstehen aber keine Risse, so braucht man nur das Bild stark anzublasen und es lösen sich vom Ruße kleine Blättchen ab, die an die Platte nicht mehr adhären.

2) Die Bedeckungsmethode.

Zwar ahnte ich es, daß wenn man zwei präparirte Platten parallel über einander legt und den Funken glei-

ten läßt
werden
vollkom
Erwart

Die
präparir
2 bis 3
Korkst
stelltigt
spitzen

Der
Art ent
besonde
untersc
steht, a
ich das
durch
Bild.
Bild da

Bei
größte
ander,
erschei
von ein
weit ab
unvollk
von ein
elektrisc

Um
einander
unbestin
piers, d
Platten
den so
rühren,
Mittelst
zu groß

ten läßt, auf beiden Spuren von Funkenstreifen auftreten werden; daß aber beide Bilder so überraschend schön und vollkommen sich ausbilden würden, war gegen alle meine Erwartung.

Die Bedeckungsmethode besteht darin, daß wir zwei präparirte Platten in einer kleinen Entfernung von etwa 2 bis 3^{mm} parallel über einander anbringen, was durch kleine Korkstückchen und wenig Siegelack sehr leicht bewerkstelligt werden kann. Auf der Deckplatte sind Staniolspitzen überflüssig.

Den zwei Funkenstreifen (Bilderpaar), die nun auf diese Art entstehen, Fig. 1 u. 2 (Taf. I), muß ich unumgänglich besondere Namen geben, da sie sich wesentlich von einander unterscheiden. Dasjenige Bild, welches auf der Platte entsteht, auf welcher der Funke in Wirklichkeit gleitet, nenne ich das *active* Bild, das andere aber, welches gleichsam durch Rückwirkung entsteht, nenne ich das *passive* Bild. Fig. 1 stellt ein *actives*, Fig. 2 ein *passives* Bild dar.

Bei der Bedeckungsmethode spielt vor Allem die größte Rolle die Entfernung der beiden Platten von einander, denn wenn sie sehr nahe an einander stehen, so erscheinen beide Bilder sehr verwaschen und sind kaum von einander zu unterscheiden; wenn aber die Platten zu weit abstehen, so bildet sich das passive Bild nur sehr unvollkommen aus. Die Entfernung der beiden Platten von einander kann aber um so größer seyn, je stärker der elektrische Funke und je glatter das Papier ist.

Um zu erfahren, welche Entfernung der Platten von einander, bei unbestimmter Intensität der Elektrizität, bei unbestimmter Größe der Platten und Qualität des Papiers, die beste sey, ist es am zweckmäßigsten, die zwei Platten unter einem kleinen Winkel von etwa 5 bis 10 Graden so aufzustellen, daß sie sich auf der einen Seite berühren, und Probe halber den Funken gleiten zu lassen. Mittelt dieses Kunstgriffes erfahren wir sogleich, daß bei zu großer Entfernung der Platten die Bedeckung ganz

überflüssig wird. Uebrigens sind solche Funkenstreifen an und für sich sehr interessant und gleichen fliegenden Drachen.

Die zwei mittelst der Bedeckungsmethode erhaltenen Funkenstreifen kann man mit einem Blicke von einander unterscheiden. Den activen charakterisirt immer die innerste weiße Linie, den passiven aber der innerste, dunkle und breite Streifen, der meistens mit einer weißen und einer schwarzen Linie schön umsäumt erscheint.

Damit ich aber den activen Funkenstreifen mit dem passiven vergleichen und beide weiter beschreiben kann, muß ich sie in ihre einzelnen Bestandtheile zerlegen und dieselben benennen.

Bei **activen** Funkenstreifen unterscheide ich folgende Bestandtheile:

1) „*Die lichte Linie*.“ Diese Linie charakterisirt, wie ich es schon erwähnt habe, immer den activen Funkenstreifen und endigt in den durchlöcherten Punkten (Polen) desselben. In dieser Linie finden wir sehr oft noch eine sehr feine und meistens nur mit einer Lupe sichtbare „*schwarze Linie*“, die aber manchmal auch gespalten erscheint.

2) „*Die braune Schicht*“. Benannt nach ihrer Farbe. Diese Schicht ist ein sehr wichtiger Bestandtheil des activen Funkenstreifen, fehlt nie, bildet sich umso präciser aus, je stärker der Funke und je weniger Ruß auf den Platten ist. Diese Schicht schließt die beiden Pole, sowie die lichte Linie in sich ein.

3) „*Die Strahlschicht*“; sehr leicht erkenntlich an ihrer aschgrauen Farbe; ferner daran, daß sie aus lauter auf den Funkenstreifen senkrecht stehenden Strahlen besteht, die oft an ihrem äußeren Ende knotenartig verlaufen. In dieser Schicht befindet sich, wenn der Funkenstreifen gut ausgebildet ist, die „*unsichere Doppellinie*“. Beide umkreisen die Pole und die bisher erwähnten Schichten und Linien. Die unsichere Doppellinie entlehnt ihren Namen daher, daß sie entweder nicht immer er-

scheint
ferner
unregel
ihrer d
essante
elektris

4)

grenzlin
die Str
den äuß
daß sie
aufgezü
jedoch
nicht a

Nac

sowie
werden
zweite“

Auß
die ich
Bergen
weiter
Funken
zweiten
ihre Gr

Nac
streifen
einer ra
mehr v
kegelart
Schattir
Schicht

Bei
zu unter

1) „
passiven
sirt. E

scheint, oder aber sich ganz eigenthümlich umgestaltet und ferner daher, daß ihre einzelnen Bestandtheile scheinbar unregelmäßig sind; übrigens ist sie leicht zu erkennen an ihrer doppelzackigen Form. Es ist eine recht interessante Linie und scheint mir in Bezug auf die Natur des elektrischen Funken von Wichtigkeit zu seyn.

4) „*Die Hauptgrenzschrift*“ und „*die Hauptgrenzlinie*“. Die Hauptgrenzschrift fängt dort an, wo die Strahlschrift endigt; die Hauptgrenzlinie aber bildet den äußersten Rand jener. Sie charakterisirt sich dadurch, daß sie meistens stark markirt erscheint und die bisher aufgezählten Schichten und Linien vollständig umgiebt; jedoch kommen Fälle vor, wo sie an ihren Polen sich nicht ausbildet.

Nach dieser Schicht folgen „*die Nebengrenzschichten*“, sowie die ihnen entsprechenden „*Nebengrenzlinien*“ und werden der Folgenreihe nach benannt: „*die erste*“, „*die zweite*“, „*die dritte*“ u. s. f. Siehe Figur 3 Taf. I.

Außer diesen ist noch eine bemerkenswerthe Schicht, die ich „*die Bergschicht*“ nenne, da sie abgezeichneten Bergen gleicht. Ihre sonderbare Natur werde ich erst weiter unten beschreiben. Sie befindet sich beim activen Funkenstreifen in der ersten, beim passiven aber in der zweiten Nebengrenzschicht. Die Bergschicht hat auch ihre Grenzlinie, „*die Berglinie*“ genannt.

Nach allen diesen folgt oft zu beiden Seiten des Funkenstreifens eine „*lichte Schattirung*“, — gewiß die Folge einer raschen Luftbewegung — die sich immer mehr und mehr verliert, bis sie endlich ganz verschwindet. Die kegelartigen Ausläufer erstrecken sich noch über die Schattirung, obgleich sie ihren Anfang in der braunen Schicht haben.

Bei passiven Funkenstreifen sind folgende Bestandtheile zu unterscheiden:

1) „*Der schwarze Streifen*“, der, wie gesagt, den passiven Funkenstreifen immer und untrüglich charakterisirt. Er entspricht der lichten Linie und der braunen

Schicht des activen Bildes. Wenn wir den schwarzen Streifen genau betrachten und er dabei gut ausgebildet ist, so bemerken wir, daß sein Innerstes viel schwärzer ist, als seine Ränder; — seltener erscheint er stellenweise gespalten, diese Spaltung entspricht dann der innersten schwarzen Linie des activen Funkenstreifens.

2) „*Der lichte Saum*“ umgiebt den schwarzen Streifen vollkommen und entspricht dem inneren Theile der Strahlenschicht.

3) „*Der schwarze Saum*“. Diese schöne Linie ist gewöhnlich intensiv schwarz und gerissen, was besonders die Lupe bestätigt. Ist sie gut ausgebildet, so zerfällt sie in eine zackige Doppellinie. Sie entspricht der unsicheren Doppellinie des activen Funkenstreifens.

4) „*Die Hauptgrenzschicht*“ und „*die Hauptgrenzlinie*“ des passiven Funkenstreifens. An passiven Bildern kommt die Strahlschicht meistens nicht vor, weshalb ich sie in die Reihe auch nicht aufgenommen habe. Spuren der Strahlschicht zeigen sich auf dem passiven Bilde nur dann, wenn sie am activen vorherrschend ausgebildet auftreten. Ferner folgen auch hier die entsprechenden Nebengrenzschichten und Nebengrenzlinien, sowie die lichte Schattirung und die kegelartigen Ausläufer.

Man sieht also, daß die Paar-Bilder (activ und passiv) sich gleichsam ergänzen.

Da ich nun die Bestandtheile der beiden Funkenstreifen genannt habe, will ich noch in Kürze meine Erfahrungen, die sich auf die Natur derselben beziehen, soweit ich sie bis jetzt als richtig anerkennen konnte, meiner Beschreibung hinzufügen, um womöglich ein Gesamtbild des Ganzen darlegen zu können. Jedoch muß ich noch bemerken, daß die beigelegten Figuren einzeln nicht alle hier aufgezählten Vollkommenheiten in sich enthalten.

Die verschiedenen Fälle und Regeln sind folgende:

a) Es ist eine Regel, daß der active Funkenstreifen relativ stets breiter ist, als der passive; d. h. die einzelnen Schichten und Grenzlinien des ersteren liegen, von der

Mittel-
teren,
etwas
Funke
kann
pellini
grenzl

Bil
decken
nach
vorkom
weisen

b)
Regel
weshal
Neben
in sei
nahme
linie p
trische
reiche
schicht

c)
irgend
dies f
Regel
braun

So
Schicht
die b
gen u

Zu
Leyd
gebild
dadur
verdr
funke

Mittellinie desselben gemessen, weiter ab, als die des letzteren, in der Art z. B., daß die passive *Hauptgrenzlinie* etwas oberhalb der Mitte der *Hauptgrenzschicht* des activen Funkenstreifens zu liegen kommt; usw. Das Umgekehrte kann nur scheinbar vorkommen, wenn die unsichere Doppellinie stark markirt auftritt und leicht mit der Hauptgrenzlinie verwechselt werden kann.

Bilderpaare, deren entsprechende Bestandtheile sich decken würden, habe ich nie gesehen. Meiner Ansicht nach kann dieser Fall nur im luftverdünnten Raume vorkommen, wie dies übrigens auch die Experimente beweisen.

b) Nur die Berglinien beider Bilder machen von dieser Regel eine Ausnahme, *denn sie sind vollkommen congruent*, weshalb die Berglinie des passiven Bildes in der zweiten Nebenschicht zu liegen kommt, während die des activen in seiner ersten Nebenschicht liegt. Schon diese Ausnahme macht die Berglinie sehr interessant. Die Berglinie pflegt sich am schönsten auszubilden, wenn der elektrische Funke einen geraden Weg eingeschlagen hat; dann reichen ihre einzelnen Gipfel auch in die nächste Nebenschicht. Oft bildet sie sich nur stellenweise aus.

c) Ferner ist es Regel, daß, wenn die Ausbildung irgend einer Schicht oder Linie besonders gut ausfällt, dies für die angrenzenden Theile nachtheilig ist. Diese Regel gilt insbesondere für die Strahlenschicht und die braune Schicht.

Solch eine vorherrschende Ausbildung dieser beiden Schichten ist leicht zu bewerkstelligen; man braucht nur die beiden Platten näher als sonst an einander zu bringen und einen starken Funken gleiten zu lassen.

Zweimal sah ich bei einfachen Funkenstreifen der Leydener Batterie die lichte Linie so vorherrschend ausgebildet, daß sie eine auffallend breite Doppellinie bildete; dadurch wurde aber die braune Schicht beinahe gänzlich verdrängt. Solche Funkenstreifen nenne ich „Zwillingsfunkenstreifen“. Bei der Bedeckungsmethode ist mir die-

ser Fall noch nicht vorgekommen, aufser wenn in der Zuleitung Hindernisse eingeschaltet wurden; diesen Punkt werde ich übrigens später noch erwähnen.

d) Wenn die zwei Glasplatten zu weit von einander entfernt sind und der Funke nicht stark genug ist, so entsteht die unsichere Doppellinie nicht. Auch der schwarze Saum kann fehlen, jedoch ist es möglich, daß der schwarze Saum vollständig ausgebildet erscheint, wogegen die unsichere Doppellinie fehlt.

e) Ist der elektrische Funke sehr stark und die Entfernung der Platten nicht übermäfsig, so kann am passiven Bilde, um den schwarzen Saum herum, sich sogar noch ein breiterer, „*lichtstrahliger Saum*“ ausbilden.

f) Die Zahl der Nebengrenzschichten hängt von der Entfernung der Platten, von der Stärke des Funkens und auch ein wenig von der Qualität des Papieres ab.

g) Auch bei der Bedeckungsmethode zertheilen sich oft die Funkenstreifen, näher dem negativen Pole zu, in zwei oder seltener in mehrere Aeste. Fig. 1 u. 2 (Taf. I). Ja es kann auch der Fall vorkommen, daß der eine Zweig des Funkens auf der oberen, der andere aber auf der unteren Platte gleitet.

h) Der gleitende Funke springt oft von der activen Platte zu der passiven über, gleitet auf dieser eine Strecke lang und kommt wieder zurück. Manchmal macht er vollständig die passive Platte zur activen und umgekehrt. Beide Fälle kommen dann vor, wenn die passive Platte ganz oder stellenweise stärker beruht ist und somit dem gleitenden Funken bessere Leitung bietet. Jedoch kommen diese Unregelmäfsigkeiten an den Polen öfters vor, auch ohne scheinbaren Grund gehabt zu haben; es scheint, als wenn der Funke an den Polen einen stärkeren Anlauf nehmen würde, schlägt daher bis an die obere (passive) Platte an, kommt aber sogleich wieder zurück und setzt regelmäfsig seinen Weg weiter fort. Solche active Funkenstreifen haben dann etwas schmalere, die passiven

aber e
einen

i)
gleiten
nügen
sem Z
an die
passive
zu bev
Funke
die U
kleine
zu ver

k)
sind, f
gung s

l)
Grenz
folgern
allein
chem
liegen
möglich
den ei
nicht.

We
zerriss
des Fu
Fälle s

m)
active“
werden
vorgeb

Rei
eine P
nur als
Die

aber etwas breitere Pole; oft geschieht das nur auf dem einen Ende beider Bilder.

i) Es scheint mir von Wichtigkeit zu seyn, daß der gleitende Funke, wenn er auf seinem Wege auf einen genügend großen, guten Leiter trifft (z. B. auf ein zu diesem Zwecke an das Papier geklebtes Staniolblättchen), an dieser Stelle nicht zeichnet; d. h. weder actives, noch passives Bild hervorzubringen im Stande ist. Dies scheint zu beweisen, daß auf dem beruhten Papiere der elektrische Funke sich viel langsamer bewegt; oder wäre vielleicht die Ursache hiezu auch darin zu suchen, daß dieser kleine Leiter die Wärme so sehr absorbiert, daß der Ruß zu verbrennen nicht im Stande ist?

k) Während die Pole des activen Bildes durchlöchert sind, findet dies beim passiven Bilde unter keiner Bedingung statt. Das ist übrigens ganz natürlich.

l) Die kegelartigen Ausläufer decken gewöhnlich alle Grenzschichten und Grenzlinien (Taf. I, Fig. 4), woraus man folgern könnte, daß ihre Bildung etwas später erfolgt; allein es kann auch das Umgekehrte stattfinden, in welchem Falle die Ausläufer geradezu unter den Schichten liegen (Fig. 5 u. 6, Taf. I). Ja es ist sogar ein dritter Fall möglich: auf einem und demselben Bilde nämlich werden einige Ausläufer von den Schichten gedeckt, andere nicht.

Wenn die Ausläufer nicht gedeckt werden, so sind die zerrissenen Theilchen aller Grenzlinien gegen das Innere des Funkenstreifens *concau* (Fig. 4); im entgegengesetzten Falle aber *convex* gewendet. (Fig. 5 und 6 Taf. I).

m) Mittelst der Bedeckungsmethode können auch „rein active“, sowie auch „rein passive“ Funkenstreifen erzeugt werden; d. h. sie können einzeln und nicht paarweise hervorgebracht werden.

Rein active Bilder werden erzeugt, wenn man nur die eine Platte präpariert, die andere aber (reine Glasplatte) nur als Decke anwendet.

Dieser Vorgang ist in vielen Fällen sehr lohnend.

da die Funkenstreifen sodann reiner und präciser auftreten.

Wie man rein passive Bilder erzeugt, kann erst bei der nachfolgenden Methode näher beschrieben werden.

n) Dafs der gleitende Funke den Ruß von der einen Platte auf die andere nicht überträgt, kann dadurch gezeigt werden, dafs man die eine Platte nicht beruht und sie als die untere anwendet und so den Funken gleiten läßt. Es fällt zwar ein wenig Ruß auf die untere Platte, allein dieser kann leicht weggeblasen werden und geschieht dies nur in Folge des Knalles und der dadurch entstandenen Erschütterung. Uebrigens beweisen dies auch die „rein“ erzeugten Bilder. Nur wenn der Funke sehr stark ist und die Platten nahe an einander liegen, scheint jedenfalls eine Uebertragung des Rußes von der activen auf die passive Platte stattzufinden. Ich vermuthe, dafs die Strablenschicht des passiven Bildes auch nur eine Uebertragung des Rußes ist.

o) Es ist ferner eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, dafs alle Funkenstreifen, namentlich aber die durch die Bedeckungsmethode hervorgebrachten, wenn sie mittelst trockenen Tuches abgewischt werden, Spuren auf dem Papiere zurücklassen, die nur schwer oder auch gar nicht gewegewaschen werden können. Namentlich sind es die innersten Bestandtheile der Streifen und die Interferenzlinien der Ausläufer, die in das Papier gleichsam eingebrannt werden. Man kann auch nach dem Abwischen erkennen, welches das active und welches das passive Bild war, da das letztere alle seine charakteristischen Bestandtheile beibehält.

p) Endlich habe ich noch zu bemerken, dafs die Luft zwischen den beiden Platten so stark comprimirt wird, dafs bei stärkeren Funken die Platten, trotzdem dafs sie an ihren Ecken, der Bequemlichkeit halber, mit Siegelack zusammengeklebt sind, aufgehoben, auseinander getrieben und oft auch zertrümmert werden.

A
nen
Seile
ich n
noch
dadur
den V
zeichn
1,5^{mm}
Id
nicht,
ten V
D
den m
linien
ficirt
D
nen, s
besch
W
lichte
gegen
ihren
mit ih
streife
lichten
Scheit
W
von n
Di
wesen
(oder
gunge
Anzah
niger
um so

3) Die Versuche mit vorgezeichnetem Wege.

Als ich bemerkte, *dafs die kegelartigen Ausläufer* (nennen wir sie kurzweg: „*Ausläufer*“) *in der concaven Seite jeder Biegung des Funkenstreifens entstehen*, stellte ich mir die Aufgabe, den gleitenden Funken zu zwingen, noch mehr Biegungen zu beschreiben, was mir vollständig dadurch gelang, dafs ich dem Funken den einzuschlagenden Weg mittelst Goldfarbe vorzeichnete. (Die vorgezeichnete Linie darf natürlich nicht breiter, als etwa 1 bis 1,5^{mm} seyn.)

Ich täuschte mich in meiner Erwartung auch diesmal nicht, denn die Ausläufer bildeten sich nun in ihrer grössten Vollkommenheit aus. Siehe Fig. 4, 5, 6, Taf. I.

Durch die vorwiegende Ausbildung der Ausläufer werden natürlich die äufseren parallelen Bestandtheile (Grenzlinien) sehr beeinträchtigt, wogegen die inneren nur modificirt erscheinen.

Da wir nun die Ausläufer beliebig hervorbringen können, so will ich vor Allem ihre Natur etwas eingehender beschreiben.

Wir haben zweierlei Ausläufer zu unterscheiden: *lichte und dunkle; die lichten sind stets mit ihrem Scheitel gegen das Innere des Funkenstreifens gekehrt und haben ihren Anfang in der braunen Schicht; die dunkeln aber sind mit ihrem Scheitel gegen die äufseren Ränder des Funkenstreifens gewendet und haben ihren Scheitel dort, wo die lichten Ausläufer zweiter Reihe anfangen, so dafs sich die Scheitel beider gegenseitig berühren.*

Wir wollen zur Unterscheidung die dunklen Ausläufer von nun an „*dunkle Flächen*“ nennen.

Die Breite und die Länge der Ausläufer hängt nicht wesentlich von der Gröfse der vorgeschriebenen Biegung (oder eigentlich der Gröfse des Winkels, wenn die Biegungen zickzackförmig sind), sondern vielmehr von der Anzahl und der Tiefe derselben ab; d. h. erstens je weniger Biegungen auf einen Funkenstreifen vorkommen, um so gröfser können, bei entsprechender Stärke des Fun-

ken, die Flächenräume der Ausläufer seyn, da sie mehr Raum zu ihrer Ausbildung haben; zweitens je tiefer die einzelnen Biegungen sind, um so schmaler sind die Ausläufer, aber zugleich auch um so länger, so daß es oft, wenn die Vertiefungen sehr groß sind, uns scheint, als ob ihre Scheitel außerhalb der Hauptgrenzlinie lägen; jedoch ist dies in der Wirklichkeit nie der Fall; eine Lupe läßt uns stets ihren Scheitel in der braunen Schicht finden.

Wie ich schon erwähnte, können die Ausläufer auch eine zweite, dritte, vierte Reihe bilden, ja ich habe schon Ausläufer siebenter Reihe gesehen und bin überzeugt, daß bei entsprechender Operation die Anzahl der Reihen noch viel weiter forcirt werden kann. Ebenso stehen die dunklen Flächen in Reihen hinter einander. Es ist dies ganz natürlich, denn die Grenzlinien der Ausläufer schneiden sich und eben dadurch entstehen die Reihen.

Besteht der vorgezeichnete Weg aus vielen und kleinen Biegungen, so treten oft auch „*Nebenausläufer*“ auf. Zu gleicher Zeit kann es geschehen, daß die Hauptgrenzlinie zwei auch drei Reihen der Ausläufer in sich schließt.

Sehr oft entstehen in den inneren Bestandtheilen der passiven Funkenstreifen blattähnliche oder vielmehr birnförmige, geschlossene Linien, nennen wir sie „*Blattfiguren*“ (Fig. 6, Taf. I). Die Blattfiguren erscheinen unter gewissen, mir noch unbekannten Umständen am vollkommensten ausgebildet, wenn zugleich die Ausläufer auftreten und dann finden wir sie immer in der ersten Reihe derselben. Der Scheitel der Blattfiguren liegt ebenfalls in der braunen Schicht. In der zweiten oder einer anderen als der ersten Reihe der Ausläufer, habe ich Blattfiguren nie gesehen.

Endlich habe ich noch bei dieser Methode zu bemerken, daß rein passive Funkenstreifen hervorgebracht werden können, wenn man an die unpräparirte active Glasplatte zwei Staniolspitzen als Elektroden anbringt, zwischen beiden den Weg des zu gleitenden Funken mit Goldfarbe

vorz
Fun

I
um
wird
und
unter

D
kenst
aus
gerad
von
selten
hat
verm
ist be
ven I

W
so en
zwei
radial
wir al
flectir
merke
indem
geplät
standt

Ein
thode,
den ih
befolgt

Richtu
Vo
Spur z
Ma

vorzeichnet, ohne die Platte selbst zu berühren und so den Funken zwischen zwei Platten gleiten läßt.

4) Die Versuche im luftleeren Raume.

Da es sich zeigen läßt, daß die Funkenstreifen sich um so weniger entwickeln, je mehr die Luft verdünnt wird, so sind derartige Versuche jedenfalls beachtenswerth und wichtig. Die Figuren 7 und 8 auf Taf. I wurden unter 20^{mm} starkem Luftdrucke erzeugt.

Die im luftverdünnten Raume hervorgebrachten Funkenstreifen sind immer bräunlich und bestehen gewöhnlich aus drei Schichten, von denen die innerste stets einen geraden Weg einschlägt; die zwei äußeren dagegen gehen von den Polen aus und verlaufen meistens bogenartig, seltener in vollständigen Bögen. Die Bedeckungsmethode hat auch hier ihre Wirkung, indem die Funkenstreifen vermöge derselben sich in die Breite erstrecken; jedoch ist bei stark verdünnter Luft zwischen activen und passiven Bildern kein Unterschied zu finden.

Wenn die Luft nach Möglichkeit ausgepumpt wird, so entstehen keine Funkenstreifen; nur sind höchstens die zwei Pole mit weißen Pünktchen bezeichnet, aus welchen radiale Strahlen nach allen Richtungen schießen. Halten wir aber solche Platten so gegen das Licht, daß die reflectirten Strahlen desselben in unser Auge fallen, so bemerken wir, daß der Weg des Funken zu erkennen ist, indem der Ruß von den entsprechenden Stellen gleichsam geplättet erscheint. Man kann sogar die einzelnen Bestandtheile von einander unterscheiden.

Eine überraschende Erscheinung ist bei dieser Methode, *daß in stark verdünnter Luft der gleitende Funke den ihm mittelst der Goldfarbe vorgezeichneten Weg nicht befolgt, sondern meistens über diesen in ganz gerader Richtung hinwegschiefst.*

Von Ausläufern ist bei größerer Verdünnung keine Spur zu finden.

Mangelhafte Versuche, die ich in einigen Gasen ange-

stellt habe, scheinen dafür zu sprechen, daß die Bildung der Funkenstreifen bei entsprechender Spannkraft sich ebenso verhält, wie in der atmosphärischen Luft, daß also die Qualität der Gase für sie von keinem großen Einfluß ist.

Bis jetzt konnte ich, da mir keine Compressionspumpe zu Gebote stand, in comprimierter Luft nur sehr mangelhafte Versuche anstellen, allein aus diesen Wenigen kann man folgern, daß je dichter die Luft ist, desto vollkommener die Funkenstreifen ausfallen.

5) Die Versuche mit Einschaltung von Widerständen.

Die in der Leitung des elektrischen Funken eingeschalteten Hindernisse sind von sehr großem Einflusse auf die Bildung der Funkenstreifen und zwar werden, je größer der eingeschaltete Widerstand ist, desto unvollkommener und schmaler die Funkenstreifen seyn. Sowohl 2 bis 3 Centimeter lange und etwa 1 Centimeter dicke Wassersäulen, als auch entsprechend lange Drähte, verursachen das Verschwinden der äußeren Bestandtheile der Funkenstreifen; bei größeren Widerständen verschwinden auch die innersten Bestandtheile derselben; höchstens sind die zwei Pole mit weißen Punkten markirt und der Rufs erscheint ebenso wie im luftleeren Raume, geplättet. Dasselbe gilt auch für die Ausläufer solcher Funkenstreifen. Trotzdem aber bieten uns die eingeschalteten Hindernisse zwei neue Erscheinungen dar, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Erstens bildet sich bei kleinerem Widerstande die innere lichte Linia des activen Bildes oft so vollkommen aus, daß sie aus zwei breiten parallelen Strichen besteht und dem Funkenstreifen einen Charakter verleiht, wie wenn zwei elektrische Funken neben einander geglitten wären. Ich nenne solche Funkenstreifen „Zwillinge.“

Zweitens ist beachtenswerth und wirklich auffallend der Umstand, daß bei gleichbleibendem Widerstande (z. B. langen Drähten) ein und derselbe Funkenstreifen gar keine

Verän
einand
ja sog
Flasch
den.
Funke
Funke
Menge

Int
farbig
salpet
und z
platter

1.
striche
bringe
Funke
strahli
solche
den k
elektri
habe k
suchen
spürte
schied
zu prä
gab es
gig ist

2.
andere
sehen
Luftbe
thun k

Veränderung erleidet, wenn man auch mehrmals hintereinander den Funken zwischen Doppelplatten gleiten läßt, ja sogar dann nicht, wenn in die Batterie noch mehrere Flaschen eingeschaltet und nach Möglichkeit geladen werden. Selbst die willkürlichen Biegungen des elektrischen Funken behalten dieselbe Form. Es scheint also, daß die Funkenstreifenbildung mehr von der Energie, als von der Menge der Elektrizität abhängt.

6) Farbige Funkenstreifen.

Infolge meiner Versuche unterscheide ich zweierlei farbige Funkenstreifen; erstens solche, die auf dem mit salpetersaurem Silberoxyde bestrichenen Papiere entstehen und zweitens solche, die auf reinen, metallhaltigen Glasplatten hervorgebracht werden können.

1. Wenn auf dem mit salpetersaurem Silberoxyde bestrichenen Papiere, wie es die Photographen zum Hervorbringen des positiven Bildes gebrauchen, ein elektrischer Funke gleitet, so entsteht auf demselben ein gelblicher, strahliger und schmaler Funkenstreifen. Da man aber in solchen Funkenstreifen keine Interferenzlinien unterscheiden kann, so finde ich sie für das Studium der Natur des elektrischen Funken von keiner weiteren Wichtigkeit und habe hier nur noch zu bemerken, daß ich bei diesen Versuchen einen außergewöhnlich starken Ozongeruch verspürte, was mich bewog, zwischen zwei Glasplatten verschiedenartige Papiere einzuschalten, um die Ozonbildung zu prüfen. Der starke Geruch blieb nie aus; jedoch ergab es sich, daß er von der Qualität des Papieres abhängig ist.

2. Viel wichtiger und zugleich interessanter ist die andere Art der Funkenstreifen, namentlich da man sehen kann, daß man hier nicht einzig und allein mit Luftbewegungen, sondern auch mit anderen Kräften zu thun hat.

Nehmen wir zwei ganz reine, geschliffene, beträchtlich dicke und metallhaltige Glasplatten, versehen sie mit Staniolspitzen als Elektroden, drücken sie aneinander und lassen zwischen beiden den Funken gleiten, so erhalten wir zwei opalfarbige Funkenstreifen, in welchen wir viele parallele Linien respective Schichten bemerken, wenn wir solche Funkenstreifen so gegen das Licht halten, daß die reflectirten Strahlen desselben in unser Auge fallen.

In solchen Funkenstreifen finden wir alle Farben des Spectrums vertreten; sie gleichen den Farben dünner Blättchen, sind auch nichts anderes als feine Blättchen, deren Mischung aus den verdampften Staniolspitzen, sowie aus den im Glase enthaltenen und mit demselben zusammengeschmolzenen Metallen besteht.

Bei den farbigen Funkenstreifen kann natürlich von activen und passiven Bildern keine Rede seyn, denn sie sind beide activ und gleichen sich vollständig in jeder Hinsicht, wenn beide Glasplatten von derselben Qualität sind.

(Da diese Funkenstreifen ihrer Feinheit wegen nicht abgebildet werden können, so kann ich auch keine Figur beischließen und will sie deshalb nur nach Möglichkeit schreiben).

Vor Allem muß ich noch bemerken, daß, wenn wir die mit den farbigen Funkenstreifen versehenen Glasplatten unter verschiedenen Winkeln des reflectirten Lichtes betrachten, die Farben derselben wechseln.

Ich konnte bei einem gut ausgebildeten Funkenstreifen von der Mitte aus folgende Farben unterscheiden:

- | | |
|-------------|------------------|
| 1. roth, | 6. metallgelb, |
| 2. grün, | 7. rosaroth, |
| 3. violett, | 8. blaustrahlig, |
| 4. licht? | 9. schmutzig, |
| 5. roth? | 10. ? |

Derselbe Funkenstreifen unter einem anderen Winkel betrachtet:

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. grün, | 6. metallgelb, |
| 2. roth, | 7. ? |
| 3. dunkelgrün, | 8. blaustrahlig, |
| 4. licht? | 9. schmutzig, |
| 5. roth? | 10. ? |

Zwei einfachere Funkenstreifen:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. roth, | 1. roth, |
| 2. hellgrün, | 2. blaugrün, |
| 3. blaustrahlig, | 3. ziegelroth, |
| 4. ? | 4. licht? |
| | 5. blaustrahlig, |
| | 6. ? |

Mit (. ?) bezeichne ich die letzten unsichtbaren Schichten, die nur dann gesehen werden, wenn wir die Platte anhauchen.

Die Farben treten auch in anderer Reihenfolge auf, wenn wir mit farbigen Gläsern arbeiten.

Es darf ferner nicht unberührt bleiben, daß die stärksten Glasplatten von ganz mäßigen Funken vollständig zersprengt werden, weshalb wir, wenn wir diesem Uebelstande vorbeugen wollen, die Platten nicht zu stark an einander drücken dürfen. Uebrigens sind auch die Sprünge, welche bei dieser Gelegenheit in den Glasplatten entstehen, sehr interessant. Meistens werden die Platten der Länge nach gespalten, wobei in der Entfernung von 3 bis 6 Centimetern von der Mittellinie aus gemessen, eigenthümliche parallel laufende Sprünge vorkommen.

Die farbigen Funkenstreifen werden aber erst recht interessant und nehmen einen wissenschaftlichen Charakter an, wenn sie mikroskopisch untersucht werden; doch darf die Vergrößerung nicht größer, als die 100fache seyn, da sonst die einzelnen Bestandtheile zu sehr verwaschen erscheinen.

Mittelst des Mikroskopes finden wir, daß die innersten Theilchen der farbigen Funkenstreifen mit größter Regelmäßigkeit geordnet sind und daß an den Polen weißfarbige Bündel, ungefähr wie weiße Straußfedern auslaufen, bis sie in senkrechte Strahlen übergehen. Namentlich

interessant sind die äusseren strahligen Schichten, die über einander gelagert zu seyn scheinen und uns sehr lebhaft an die Krone des Nordlichtes erinnern. Ich fand 10 bis 12 solcher über einander gelagerter Schichten. Der Schattirung nach unterscheiden sie sich so von einander, dafs die äufferste Schicht zugleich die dunkelste und die unterste ist.

Endlich habe ich hier noch zu erwähnen, dafs Funkenstreifen dieser Art auch auf metalllosen Glasscheiben entstehen, jedoch haben sie, ausser der äuffersten blau-strahligen Schicht, die wahrscheinlich von verdampften Staniolspitzen herrührt, keine Farbe. Bei diesen Funkenstreifen finden wir, wenn wir sie mikroskopisch untersuchen, dafs die Oberfläche des Glases in unendlich viele, zarte und unregelmässige Vielecke zerbröckelt wurde.

Die Erhöhung der Temperatur des Glases auf etwa 150 bis 200° C. hatte keinen Einfluß auf die Bildung farbiger Funkenstreifen.

7) Die senkrechte Methode.

Diese Methode besteht darin, dafs man den elektrischen Funken auf berufste Papierflächen, unterhalb welcher keine Glasscheiben, sondern statt dieser leitende Metallplatten angebracht sind, mittelst einer senkrecht stehenden Metallspitze schlagen läfst. Natürlich wird hier der Funke nicht gleiten, sondern, nachdem er das Papier durchgeschlagen und ein rundes Bild zurückgelassen hat, sogleich abgeleitet.

Wir können bei solchen Bildern ganz dieselben Schichten und Grenzlinien, wie wir sie bei den Funkenstreifen gesehen haben, in derselben Ordnung und um einen Mittelpunkt herum kreisförmig gelagert vorfinden. (Siehe diese Ann. Bd. 151). Diese Bilder können um so weitere Ausdehnung annehmen, je gröfser die Batterie, je dicker das Papier und je näher der Platte die zuleitende Metallspitze steht.

Wenden wir auch hier die Bedeckungsmethode an, so

entst
passi

ten I
beruf
theilt

kreis
selbe
den

D
sonde
so w
tern,
ähnli
glatte
ters,
Unter
sie d
wisse

Io
gleite
meine
näher
Funk

A
Ausla
mige
kann,
dirt i
entla

B
der s
Platte
isolirt
das F

entstehen an beiden Platten Bilder, die den activen und passiven Funkenstreifen entsprechen.

Interessant werden die auf diese Weise hervorgebrachten Bilder, wenn der elektrische Funke, bevor er auf die beruhte Papierplatte fällt, sich in zwei oder mehrere Aeste theilt. Es bilden sich dann zwischen je zwei solcher kreisförmigen Bildern, abgesehen von der Modification derselben selbst, zwei vollständige Ausläufer, ähnlich wie in den Biegungen gleitender Funken.

Da wir bei diesem Verfahren nichts Neues finden, sondern nur an bekannte Erscheinungen erinnert werden, so will ich die Bilder dieser Methode nicht weiter erörtern, vielmehr will ich bemerken, daß wir diesen sehr ähnliche Figuren erhalten, wenn wir auf beruhte, sehr glatte Papierplatten, etwa aus der Höhe eines halben Meters, Wassertropfen fallen lassen. Ein Laie wird den Unterschied beiderlei Figuren nicht erkennen, jedoch wird sie der Fachmann auf den ersten Blick zu unterscheiden wissen.

Ich knüpfe meiner gegenwärtigen Beschreibung der gleitenden Funken deshalb diesen Versuch bei, da uns, meiner Ansicht nach, der eben erwähnte Versuch, bei der näheren Erörterung der Eigenschaften des elektrischen Funkens, von Nutzen seyn kann.

Auch kann ich hier noch hinzufügen, daß man an der Ausladungskugel einer großen Batterie schöne, kreisförmige und jedenfalls hieher gehörige Figuren bemerken kann, wenn die messingene Ausladungskugel stark oxydirt ist und wir die Batterie nach Möglichkeit laden und entladen. Meistens sind es 2 bis 3 concentrische Kreise.

8) Die Ableitungsmethode.

Bis jetzt mußten wir alle Versuche, mit Ausnahme der senkrechten Methode, in der Art anstellen, daß die Platten, auf denen der Funke zu gleiten hatte, möglichst isolirt waren; die Ableitungsmethode aber erfordert eben das Entgegengesetzte.

Die präparirten Glasplatten, sey es mit oder ohne die Bedeckungsmethode, werden auf metallene Platten gelegt, die entweder mit der äußeren oder mit der inneren Belegung der Batterie in Verbindung stehen. Natürlich müssen solche Ableitungsplatten der Art untergelegt werden, daß der elektrische Funke auf der präparirten Platte gleiten, nicht aber zur Ableitungsplatte überspringen kann. Um das Ueberspringen des Funken zu verhindern, ist es am zweckmäßigsten, die Glasplatten nur etwa bis zur Hälfte mit Papier zu überkleben und die andere Hälfte als Isolator zu lassen. Als Ableitungsplatte eignet sich am besten Staniol, da man es nach Belieben biegen und innig an die Glasplatten andrücken kann. Läßt man nun den elektrischen Funken auf diese Art gleiten, so entstehen ganz unregelmäßige Funkenstreifen, die sich dadurch charakterisiren, daß in denselben die oben erwähnten Bestandtheile nicht aufzufinden sind, sondern daß sie gleichsam zerfetzt werden. (Taf. I, Figur 9, 10, 11 und 12). Figur 9 ist nach der einfachsten Methode mittelst der Batterie, Figur 10 und 11 (Paarbilder) mittelst der Bedeckungsmethode, Figur 12 aber mittelst des senkrechten Verfahrens hervorgebracht worden.

Betrachten wir die Figur 12, so sehen wir, daß hier statt des runden Bildes, ein wurzelartig verzweigtes Bild entstand, dessen einzelne meistens gespaltene Aeste gegen einen einzigen Punkt convergiren. Dasselbe finden wir auch in Figur 9; jedoch mit dem Unterschiede, daß die einzelnen Aeste gegen den einen Pol zu convergiren, gegen den anderen aber divergiren. Fragen wir, welcher der bevorzugte Pol sey, so ist die kurze Antwort, daß kein bevorzugter existirt. Die Convergenz geschieht immer gegen denjenigen Pol, der mit der äußeren Belegung der Batterie in Verbindung stand. Es ist gleichgültig, ob wir die Batterie mit $+$ oder $-$ Elektricität laden; nur insofern ist ein Unterschied zu finden, daß, wenn wir sie mit $-$ Elektricität laden, die einzelnen Aeste feiner, auch gerader und weniger gespalten sind.

Dasselbe
hier di
eine gr

Die
klären,
hier ein
gleitend
gleichsa

Um
sten, si
sung se
schöne,

Es
Bildung
aufzuste
alle me
dies wa
rend ic
keit der
sie zugl
tern, zu
Problem

III. U

Die h
lem sch
fragen
„Die
außerde

Dasselbe finden wir auch in Figur 10 und 11, nur hat hier die zwischen den zwei Platten eingezwängte Luft eine größere Rolle gespielt, als bei Figur 9.

Die Ursache der Unregelmäßigkeit ist leicht zu erklären, wenn wir bedenken, daß die Ableitungsplatte hier eine influencirende Wirkung ausübt und somit der gleitende Funke mit der getheilten inducirten Elektricität gleichsam einen Verbindungskampf zu bestehen hat.

Um Funkenstreifen zu fixiren, ist es am zweckmäßigsten, sie mit Schellacklösung zu übergießen. Ist die Lösung sehr verdünnt, so muß man dies mehrmals thun, um schöne, reine und glänzende Bilder zu erhalten.

Es wäre nun angethan, auch meine Ansicht über die Bildung der Funkenstreifen auszusprechen und eine Theorie aufzustellen; allein ein jeder Fachmann wird ersehen, daß alle meine Versuche noch viel zu unvollkommen sind, um dies wagen zu können. Meine einzige Absicht ist, während ich meine Versuche veröffentliche, die Aufmerksamkeit der Fachmänner auf diesen Gegenstand zu lenken und sie zugleich zu ersuchen, die begonnene Arbeit zu erweitern, zu vollenden und so mir die sich hier aufthürmenden Probleme lösen helfen zu wollen.

III. *Ueber einen Universal-Meteorographen für Solitär-Observatorien;* von E. H. von Baumhauer.

Die holländische Gesellschaft der Wissenschaften in Harlem schrieb im Jahre 1870 die beiden folgenden Preisfragen zur Beantwortung im Januar 1872 aus:

„Die Gesellschaft bietet ihre goldene Medaille und außerdem eine Prämie von dreihundert Gulden aus für

die Auffindung eines genügenden Mittels, um durch fliegende oder befestigte Luftballons (*Ballon captifs*) meteorologische Instrumente zu einer beträchtlichen Höhe in die Atmosphäre zu erheben und mindestens 24 Stunden daselbst verweilen zu lassen“, und

„Die Gesellschaft bietet ihre goldene Medaille aus für die Vorlegung eines selbstregistrirenden meteorologischen Werkzeuges, es sey Thermometer, Barometer oder Hygrometer, welches, an einem Drachen oder Luftballon befestigt, wenigstens 24 Stunden hindurch befriedigende Angaben über den Zustand der Luft in großen Höhen liefere.“

Da auf diese Fragen zum bezeichneten Termine keine Antworten eingegangen waren, wiederholte die Gesellschaft 1872 dieselben Fragen durch veränderte Redaction in eine einzige zusammengeschmolzen.

„Die Gesellschaft bietet ihre goldene Medaille und außerdem eine Prämie von dreihundert Gulden aus für die Auffindung eines genügenden Mittels, um Temperatur, Feuchtigkeitsgrad und Dichte der Luft in beträchtlicher Höhe über der Erdoberfläche auf eine Weise zu bestimmen, welche Selbstregistrirung und fortwährende Wiederholung der Beobachtungen möglich macht.“

Die Holländische Gesellschaft bewies dadurch, daß sie großen Werth darauf legt, daß die Meteorologie mit selbstregistrirenden Instrumenten, Thermometern, Barometern und Hygrometern bereichert werde, welche die Temperatur, den Feuchtigkeitsgehalt und die Dichte der Luft in beträchtlicher Höhe über der Erdoberfläche, sowie an nicht fortwährend für Menschen zugänglichen Orten, angeben.

Die Gesellschaft theilt demnach die Ansicht Vieler, daß die Meteorologie, wie sie bisher üblich ist, nicht den Anforderungen genüge, welche man mit den Hülfsmitteln, worüber die Wissenschaft gegenwärtig verfügen kann, von ihr erwarten darf. Die Beobachtungen namentlich des Temperatur- und Feuchtigkeitsgrades der Luft sowohl an der Erdoberfläche wie in Lufträumen in oder in der Nähe

von St
dem Ei
ursach
den Zu
zu ver
Einflüs
wenig
sich in
oberflä
gegeng
schläg
hohen
Wild
Felsen
namen
per Ba
meteor

Die
Beobac
stens
ausgef
solche
meiste
einem
Montb
Monat
und d
Außer
rungen
werthe
Luss
Spin
macht
mit so
thigt
die B
Mang

von Städten, in der Umgebung von Gebäuden oder unter dem Einflusse von Schornsteinen und andern Erwärmungsursachen, sind wenig geeignet, uns wahre Angaben über den Zustand der Luft und die Veränderungen, welche sie zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten durch natürliche Einflüsse erleidet, zu verschaffen. Dazu kommt, daß wir wenig oder nichts von den Luftströmungen wissen, die sich in einigermaßen beträchtlicher Höhe über der Erdoberfläche in manchmal den tieferen Luftströmungen entgegengesetzter Richtung bewegen. Daher die vielen Vorschläge zur Errichtung meteorologischer Observatorien auf hohen Bergen (z. B. das bei Bern durch den Meteorologen Wild angelegte) oder auf aus der See hervorragenden Felsen oder Vorgebirgen. Ebenso die in letzterer Zeit, namentlich in Frankreich gemachten Versuche, Luftreisen per Ballon zu organisiren, hauptsächlich zu dem Zwecke, meteorologische Beobachtungen auszuführen.

Die Schwierigkeit hiervon liegt aber darin, daß diese Beobachtungen durch Menschen, und zwar durch wenigstens einigermaßen wissenschaftlich gebildete Menschen ausgeführt werden sollen. Die Umstände, unter denen solche Beobachtungen gemacht werden müssen, sind jedoch meistens nichts weniger als einladend. Einen Winter in einem Observatorium auf oder halbwegs auf der Höhe des Montblanc zuzubringen, wo man sich für acht bis zehn Monate mit Lebensmitteln und Brennstoff versehen müßte und die Aussicht hat, während so vieler Monate von der Außenwelt abgeschnitten und an Ungemach und Entbehrungen bloßgestellt zu seyn, ist wahrlich kein beneidenswerthes Loos. Die Erfahrungen, welche ferner Gay-Lussac, Barral, Bixio, Glaisher, Sivel, Crocé, Spinelli und so viele Andere auf ihren Luftreisen gemacht haben, wobei — noch abgerechnet die Gefahr, womit solche Reisen stets verbunden bleiben — man genöthigt war, stark sauerstoffhaltende Luft mitzunehmen, weil die Beobachter, in beträchtlicher Höhe angelangt, wegen Mangels an athembarer Luft der Ohnmacht nahe gebracht

wurden, wo die ansehnliche Kälte von 20° bis 30° C. unter dem Gefrierpunkt die Anstellung von Beobachtungen nahezu unmöglich macht, bieten wenig Aussicht, daß viele Männer der Wissenschaft aus Liebe zur Meteorologie sich zu solchen Unternehmungen herbeilassen werden.

Weit angenehmer und weniger kostspielig würde es seyn, wenn sich ein Mittel finden liefse, wodurch an diesen nur von Zeit zu Zeit zugänglichen Orten meteorologische Observatorien — die wir der Kürze wegen *Solitär-Observatorien* nennen wollen, um ihre Abgelegenheit anzudeuten — errichtet würden, deren Instrumente so hergerichtet wären, daß sie nur von Zeit zu Zeit, selbst nur einmal im Jahre besucht zu werden brauchten und in der Zwischenzeit ihre Angaben fortwährend und regelmässig einem in bewohnbarer Gegend gelegenen Hauptobservatorium signalisirten, oder wenn man an einem *ballon captif* ein wenig-voluminöses und leichtes Solitär-Observatorium befestigen würde, dessen Instrumente ebenfalls ihre Angaben nach unten meldeten.

Nach meiner Ueberzeugung gehört diese Aufgabe, woran schon Mehre mit mehr oder weniger gutem Erfolge gearbeitet haben, nicht zu den unlösbaren; aber alles, was man bisher vorgeschlagen hat, ist meiner Meinung nach zu zusammengesetzt und in Folge dessen zu vielen Störungen ausgesetzt und auch zu kostbar, um allgemeiner angewandt zu werden.

Wer erinnert sich nicht von der Pariser Ausstellung 1867 her des großen vom Pater Secchi ausgestellten monumentalen Meteorographen, für dessen Einsendung die Jury diesem Gelehrten die höchste Auszeichnung zuwies; diese Vorrichtung litt aber an zwei großen Uebelständen, daß sie zu kolossal war, aber vor allem, daß der Preis 18000 Fr. betrug, eine Summe, worüber wenige Gelehrte und selbst wenig wissenschaftliche Institute verfügen können. Bereits vor einem Jahre war ich zu einer, wie es mir vorkommt, ganz einfachen Lösung der durch die Holländische Gesellschaft gestellten Frage gekommen, die ich als Ant-

wort bei
jedoch,
1874) e
auf die
mir, als
bewerber
ihrer Ge
ihrer Ad
erklärt
Urtheil
Ich sag
Werkzeu
hege ich
heit des
ist, bei
rigkeit v

Die I
stellt un
welche s
1) Es
licher H
wie ein
Boden i
oder ab
mente n
aufführe

Im le
baromet
aufgehä
selbst b
haben I
auf die
die Gew
gebliebe
viel der
zwar be
des abg

wort bei der Gesellschaft einreichen wollte. Der Umstand jedoch, daß vor Ablauf des Einsendungstermins (1. Jan. 1874) eine in italienischer Sprache geschriebene Antwort auf die Preisfrage bei der Gesellschaft einging, machte es mir, als Secretär dieser Gesellschaft, unmöglich, als Mitbewerber aufzutreten. Nachdem aber die Gesellschaft in ihrer Generalversammlung vom 16. Mai 1874 auf Antrag ihrer Adviseure diese Antwort nicht des Preises würdig erklärt hat, wage ich es, meine Gedanken darüber dem Urtheil der Physiker und Meteorologen zu unterwerfen. Ich sage meine Gedanken, denn zur Verfertigung des Werkzeuges selbst hat es mir an Mitteln gefehlt, doch hege ich die Hoffnung, daß der hohe Grad von Einfachheit des Principes, welches in die Selbstregistrirung gelegt ist, bei der praktischen Ausführung keine einzige Schwierigkeit veranlassen werde.

Die Frage der Gesellschaft ist nicht sehr bestimmt gestellt und wir müssen folgende Dinge wohl unterscheiden, welche auf die Beantwortung von großem Einfluß sind.

1) Es macht einen großen Unterschied, ob unter beträchtlicher Höhe ein fester zugänglicher Punkt verstanden wird, wie ein Berggipfel oder hervorragender Felsen, wo fester Boden ist, auf dem man die Instrumente aufstellen kann, oder aber ein Punkt hoch in der Luft, wo man die Instrumente mittelst eines *Ballon captif* oder eines Drachen hinaufführen muß.

Im letzteren Falle kann natürlich von einem Quecksilberbarometer, selbst wenn es in einem Cardanischen Ringe aufgehängt ist, keine Rede seyn, da die Schwankungen selbst bei nicht starkem Winde zu groß sind; außerdem haben Barometerangaben hier wenig Werth in Hinsicht auf die Veränderungen des Luftdrucks, wenn man nicht die Gewißheit hat, daß das Instrument in derselben Höhe geblieben ist oder wenn man nicht genau weiß, um wieviel der Ballon gestiegen oder gefallen ist; die Höhe kann zwar beim Gebrauche eines *Ballon captif* aus der Länge des abgewickelten Kabels und dem Winkel desselben mit

dem Loth bestimmt werden, doch bei Schwankungen des Ballons, und während außerdem das Kabel doch stets einen Bogen bilden wird, ist und bleibt die Bestimmung sehr schwierig, und eine Unsicherheit in der Höhe des Ballons von 10 à 20 Meter kann einem Unterschiede von einem Millimeter Quecksilberhöhe im Barometer gleich seyn.

2) Ebensowenig ist es für die Beantwortung der Frage gleichgültig, ob man die Angaben nur an Ort und Stelle, wo sich die Instrumente befinden, registriert zu haben wünscht, so daß man erst nach Verlauf einer Reihe von Angaben Kenntniß davon nimmt, oder ob, was der Meteorologe sicher fordern wird, die Angaben der Instrumente des Solitär-Observatoriums jeden Augenblick dem Hauptobservatorium signalisirt werden müssen, um sie mit den dort gemachten Beobachtungen vergleichen zu können. Der letztere Fall verlangt natürlich eine telegraphische Gemeinschaft, die im ersteren Falle unnöthig ist.

3) Endlich ist es wichtig, ob die Zeit, während der die Angaben registriert werden sollen, ohne daß Jemand sich zum Aufziehen des Uhrwerks oder anderer Vorrichtungen nach dem Solitär-Observatorium begeben muß, auf 24 Stunden, einen Monat oder ein ganzes Jahr zu bemessen sey, welches letztere der Fall ist, wenn ein Solitär-Observatorium auf einem Berggipfel, der den größten Theil des Jahres durch Schneeanhäufungen unzugänglich oder auf einem Felsen im Meer, der auch nur zeitweilig durch ein Schiff erreichbar ist, errichtet wird.

Bei der Beantwortung der durch die Holländische Gesellschaft gestellten Frage werden wir trachten, auf die genannten Umstände Acht zu geben, und unterscheiden deshalb zwei durchaus von einander verschiedene Solitär-Observatorien:

1) Solche, welche allein zu Beobachtungen während der Dauer von etwa 10 Tagen bestimmt sind und wovon man erst nach Verlauf dieser Zeit Kenntniß zu nehmen hat und

2) solche, welche auf einem hochgelegenen, festen

Pun
und
ma
und
erha
an
spre
oder
lasse
V
ents
seyn
M
über
Mete
1/10 o
1/10 o
wohl
mete
Ding
werd
2
dure
entst
3
4
Mete
und
sich
5
Anga
und
Instr
krum
6
und
dräht

Punkte errichtet werden sollen, welcher Punkt nur dann und wann durch eine Person zu erreichen ist, während man die Angaben des Solitär - Observatoriums geregelt und sogleich nach dem Hauptobservatorium übermittelt erhalten will. Zum Schluß wollen wir noch kurz die an *Ballon captifs* hängenden Solitär - Observatorien besprechen, welche, je nachdem man Signalisirung wünscht oder nicht, sich unter eine dieser beiden Rubriken bringen lassen.

Wir haben die Anforderungen, denen eine Einrichtung entsprechen muß, soll sie der Meteorologie von Nutzen seyn, ziemlich genau genommen und rechnen dazu:

1) Richtigen Gang der Instrumente, nicht so sehr eine übertriebene Genauigkeit, denn nach dem Urtheil der Meteorologen kommt es bei solchen Angaben nicht auf $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{10}$ eines Centesimal-Thermometergrades oder auf $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ Millimeter Quecksilberhöhe des Barometers an, wohl aber auf die richtige Anzeige von $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ Thermometergraden und $\frac{1}{10}$ Millimeter Quecksilberhöhen, vor allen Dingen aber, daß niemals verkehrte Angaben erhalten werden.

2) Die größtmögliche Einfachheit der Instrumente, wodurch die kleinstmögliche Gefahr des Untauglichwerdens entsteht.

3) Möglichst geringe Kostbarkeit.

4) Möglichst geringe Arbeit und Sorge von Seiten des Meteorologen, womöglich, daß die Instrumente arbeiten und die Registrirung stattfindet, ohne daß der Meteorolog sich darum zu bekümmern braucht.

5) Daß die Registrirung derartig geschehe, daß die Angaben aller Instrumente auf einer Tafel vereinigt sind und zwar so, daß man mit einem Blick den Gang der Instrumente aus den durch die Registrirung gezeichneten krummen Linien wahrnehmen kann.

6) Bei telegraphischer Verbindung zwischen der Solitär- und Hauptstation möglichst geringe Anzahl von Leitungsdrähten, was namentlich dann von großem Belange ist,

wenn man mit einem *ballon captif* arbeitet, da das Gewicht des Kabels, das durch den Ballon getragen werden muß, durch Metalldrähte ansehnlich vermehrt wird.

7) Bei Anwendung eines galvanischen Stromes darf dieser mit den meteorologischen Instrumenten selbst nicht in Berührung kommen, weil durch diesen Strom und besonders durch die Funken beim Schließen und Abbrechen des Stromes Störungen im Gange der Instrumente entstehen und außerdem das Ueberspringen der Funken Oxydationsprocesse auf der Metalloberfläche verursacht, wodurch die Instrumente selbst bald unbrauchbar werden.

Quecksilber-Barometer und Thermometer, worin Platindrähte eingeschmolzen sind, wie in den Apparaten von Wheatstone und Andern verwerfe ich demnach ganz und gar.

Auf eine Beurtheilung der meteorologischen Instrumente selbst gehen wir hier nicht ein; ob ein Heber- oder Gefäfs-Barometer den Vorzug vor dem Waage-Barometer verdient, wie er bei dem Meteorographen von Pater Secchi gebraucht wird oder vor den beiden Arten von Aneroid-Barometern; die Weise der Uebertragung der Angaben bei der von mir vorgeschlagenen Einrichtung läßt den Gebrauch aller dieser Instrumente zu, während bei allen die Bewegung einem Hebel mitgetheilt werden kann, auch selbst bei dem Heberbarometer durch einen Schwimmer wie bei dem Zeiger-Barometer.

Was die Temperaturbestimmung betrifft, so sind alle Instrumente zu gebrauchen, bei denen durch Ausdehnung fester Körper ein Hebel in Bewegung gesetzt werden kann, wie bei dem Thermometer von Breguet, dem auf linearer Ausdehnung eines Kupferdrahtes beruhenden Thermographen des Pater Secchi, bei dem Thermometer des Dr. Krecke, das bereits seit vielen Jahren im Utrechter Observatorium gute Dienste leistet, ebenso bei dem Luftthermometer, auf dessen Quecksilbermanometer ein Schwimmer angebracht werden kann, so dass seine Bewegungen wie bei dem Zeiger-Barometer auf einen Hebelarm über-

tragen werden können; nur das gewöhnliche Quecksilberthermometer ist hiezu unbrauchbar.¹⁾

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft können nur die Werkzeuge hier in Betracht kommen, welche durch Zusammenziehung oder Ausdehnung von Thierstoffen auf einen Hebel wirken, die Haar- und Darmhygrometer. Das Psychrometer von August und das Daniell'sche Hygrometer können hier keine Dienste leisten. Ueber mein hygrometrisches Aräometer, welches nach meiner Ueberzeugung das einzig zweckmäßige Instrument zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ist, sprechen wir später, ebenso über die Registrirung der Windrichtung durch die Windfahne, der Windgeschwindigkeit durch das Rädchen von Robinson mit vier halbkugelförmigen Löffeln und endlich über die Registrirung der gefallenen Regenmenge nach einer Methode, welche ich vor etwa zwanzig Jahren zur Messung des Wassers für Wasserleitungen angenommen habe. Alle diese Bestimmungen können ohne Schwierigkeit gemeinschaftlich bei meiner Einrichtung geschehen.

I.

Solitär-Observatorien ohne Signalisirung.

Es ist wahrscheinlich dem geringen Nutzen, welchen Beobachtungen für den Meteorologen haben, die er erst nach einiger Zeit erfährt, zuzuschreiben, dafs nicht bereits seit langer Zeit solche Solitär-Observatorien errichtet sind, um mit einem kleinen Personal mehre nicht in zu großem Abstände von einander liegende Observatorien zu bedienen, da ihre Einrichtung durchaus keine Schwierigkeit hat und sie höchstens nach je 10 oder 14 Tagen durch eine Person besucht zu werden brauchen, die das Uhrwerk aufzieht,

- 1) Man hat mir gesagt, dafs im Brüsseler Observatorium ein Quecksilberthermometer gebraucht werde, woran die horizontale Röhre auf einer Pfanne, wie bei einer Waage ruht, so dafs die Quecksilbersäule, wenn sie sich verlängert, den Hebel mehr und mehr herabdrückt; so dafs auch bei diesem Thermometer die Ablesung an seinem Zifferblatt geschieht.

das Registrirblatt durch ein neues ersetzt und die Instrumente nachsieht.

Die Observatorien können überall angebracht werden, am besten entfernt von Wohnungen; ihre Anlage ist wenig kostspielig und die einzige nöthige Vorsorge die Beschützung gegen Regen, Wind und Diebstahl. Die Angaben werden fortwährend geregelt aufgezeichnet und der Meteorolog hat grössere Sicherheit bei einer automatischen Aufzeichnung, als wenn er diese einer Person überläßt, an der ja doch immer das errare humanum est klebt.

Die Einrichtung, welche wie mir scheint vollkommen diesem Zweck genügt, ist folgende: Ein Aneroidbarometer, ein Metallthermometer und ein Haarhygrometer werden auf einem Brette so neben einander befestigt, daß ihre Nadeln, die durch einen Hebel in Bewegung gesetzt werden, in einer Fläche liegen und außerdem jede bei ihrer größten Ablenkung nicht mehr als einen Bogen von 120° beschreiben kann, während die Axen, um welche die Nadeln sich drehen, in einer geraden Linie liegen und alle Nadeln selbst gleich lang sind.

Wenn man in geringem Abstände über den Nadeln durch ein Uhrwerk einen Papierstreifen sich gleichmäfsig fortbewegen läßt, so werden an den Enden der Nadeln befestigte Bleistiftchen auf diesem Papiere, — (auf welchen man die Kreisbogen, in denen die Nadelspitzen sich bewegen, so angegeben hat, daß zugleich die durchlaufenden Stunden aufgezeichnet werden), krumme Linien beschreiben, die den Gang der Instrumente in den durchlaufenen Zeiten registriren. Da aber die Reibung eines Bleistiftes gegen das Papier bei so empfindlichen Instrumenten viel zu groß ist und Störungen in den Angaben erzeugen würde, ist der Gebrauch von durch Lampenqualm geschwärztem weissen Glanzpapier, wie es jetzt vielfach in physiologischen Laboratorien zur Registrirung verschiedener feiner Bewegungen angewandt wird, noch practischer. An den Enden der Zeiger braucht man dann

nur ein
beinal
chen
später
oder
Noch
Lamp
darüb
Legt
empfin
es der
außer
Theilu
eingek
lichen
Einwi
gezeic
abged
Glasp
Tuche
nomm
mant
das er
Augen
eine g
tenen
macht
Papier
Wasse
Beoba
kann,
lodium
W
Wind
meters
darges

nur eine feine aufrecht stehende Feder zu befestigen, die, beinahe ohne Reibung über das geschwärzte Papier streichend, auf demselben einen weissen Strich zeichnet; durch späteres Eintauchen des Papiers in eine schwache Gummi- oder Firnisauflösung können die Angaben fixirt werden. Noch einfacher vielleicht ist die Anwendung einer durch Lampenqualm geschwärzten Glasplatte, von der durch die darüber hinstreichende Feder die Schwärze abgesetzt wird. Legt man diese Platte später auf ein durch Silbersalz lichtempfindlich gemachtes Papier, so erhält man, wenn man es dem Licht aussetzt, eine schwarze Zeichnung; hat man ausserdem auf dieser Platte mit einem Diamanten die Theilung in Graden oder Millimetern und die Zeitangaben eingekratzt, so können auf einfache Weise auf dem empfindlichen Papier alle Angaben erhalten werden. Bei der ersten Einwirkung des Lichts werden die durch das Federchen gezeichneten Linien auf dem empfindlichen Papier schwarz abgedruckt; man läßt das empfindliche Papier unter der Glasplatte in derselben Lage befestigt, reibt mit einem Tuche die Platte rein, wodurch alle Schwärze weggenommen wird, ausser der, welche in den durch den Diamant gekratzten Strichen zurückbleibt; wenn man also das empfindliche Papier unter der Platte von neuem einige Augenblicke dem Lichte aussetzt, so wird das ganze Papier eine graue Färbung annehmen, während die früher erhaltenen Linien schwarz und die durch den Diamant gemachten Striche weiss bleiben. Eine Behandlung des Papiers mit Natriumhyposulphit und Auswaschen mit Wasser giebt auf diese Weise ein bleibendes Schema der Beobachtungen, das durch das Licht vervielfältigt werden kann, wenn man anstatt empfindlichen Papiers eine Colodiumschicht nimmt, die man später als Negativ gebraucht.

Wir werden hernach sehen, daß die Angaben der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und des Pluviometers auf eine höchst einfache Weise durch gerade Linien dargestellt werden können, so daß ihre Uebertragung auf

die schwarz gemachte Glasplatte auf dieselbe Weise durch Federchen stattfinden kann.

Die Errichtung also eines meteorologischen Solitär-Observatoriums, welches z. B. jede 14 Tage besucht werden kann und wo ein gewöhnliches Uhrwerk, das 14 Tage, ohne aufzuziehen, geht, die Angaben registrirt, die erst nach dieser Zeit in den Besitz des Meteorologen zu kommen brauchen, ist also nicht mit irgend welchen Schwierigkeiten verbunden. Die Schwierigkeit kommt erst, wenn der Meteorologe von seinem Hauptobservatorium aus jeden Augenblick den Stand der Instrumente in dem entfernten Solitär-Observatorium kennen will, um diesen mit den Beobachtungen auf der Hauptstation vergleichen zu können.

II.

Solitär-Observatorien mit Signalisirung.

Stellen wir uns vor, es sey ein gewöhnliches Aneroid-Barometer mit einem zweiten Zeiger versehen, der auf der Glasplatte befestigt ist und dazu dient, den Stand in einem gegebenen Augenblicke mit dem in einem spätern Zeitpunkt zu vergleichen, wie ihn die meisten Aneroid-Barometer besitzen. Denken wir uns ferner die Glasplatte weg, doch den zweiten Zeiger auf dieselbe Weise über der Aneroidplatte befestigt und vermittelst eines Uhrwerkes mit gleichförmiger Bewegung sich um seine Axe drehend oder mit andern Worten: stellen wir uns ein Aneroid-Barometer ohne Glasplatte vor und dem gegenüber ein Uhrwerk in der Art aufgestellt, daß die Axe, um welche sich der Minutenzeiger des Uhrwerks dreht, in einer Linie liege mit der Axe, um welche der Zeiger des Aneroides sich dreht. Nennen wir den durch veränderten Luftdruck bewegten Zeiger des Barometers *A* und den Minutenzeiger des Uhrwerks *B*, so wird natürlich der Zeiger *B* in einer Umdrehung einmal den Zeiger *A* bedecken. Stellen wir uns ferner vor, daß die Ebenen, worin diese zwei Metallzeiger sich bewegen, einige Millimeter von einander abstehen und daß der Zeiger *B* an seiner Spitze mit einer feinen Metallfeder versehen sey,

welche bei ihrem Vorbeigange bei der Spitze des Zeigers *A* eine metallische Berührung zwischen den beiden Zeigerspitzen verursacht, ohne doch durch zu große Reibung auf die Richtung des Zeigers *A* störend zu wirken. Denken wir uns ferner, daß der Zeiger *A* durch einen Leitungsdraht mit dem $+$ Pole eines auf der entfernten Hauptstation befindlichen galvanischen Elementes verbunden ist und der Zeiger *B* mit dem $-$ Pole desselben, so wird bei jeder Umdrehung des Zeigers *B* die Kette einmal auf einen Augenblick geschlossen werden.

Denken wir uns nun in die Kette, in der Nähe des Elementes, einen Apparat eingeschaltet, bestehend aus einem verticalen Metallcylinder, der mit dem $+$ Pole verbunden ist, welcher Cylinder durch ein Uhrwerk um seine Axe gedreht wird, so daß er eine Umdrehung in derselben Zeit, wie der vorhin genannte Minutenzeiger *B* macht, aber außerdem bei jeder Umdrehung ein wenig sinkt, und bedecken wir diesen Metallcylinder mit einem feuchten Blatt Papier, das mit einer Salzlösung getränkt ist, welche unter dem Einflusse eines galvanischen Stromes eine Farbenveränderung erleidet (z. B. eine Jodkaliumstärkelösung), so ist es klar, daß, indem wir gegen das feuchte Papier eine mit dem $-$ Pole verbundene Metallfeder schleifen lassen, bei jeder Umdrehung auf diesem Papiere ein gefärbtes Fleckchen erzeugt wird in dem Augenblicke, wo die Zeiger *A* und *B* sich berühren, und dadurch, daß der Zeiger *B* und der Cylinder eine isochrone Bewegung haben, werden auf diesem Papier, wenn darauf dieselben Theilungen wie auf dem Aneroid-Barometer angebracht sind, die Angaben des letzteren in diesem bestimmten Augenblicke aufgezeichnet und können abgelesen werden.

Da aber der Zeiger des Aneroids bei seiner größten Ausweichung einen Kreisbogen von höchstens 120° beschreibt, so können wir diesen Apparat noch zu etwas anderem benutzen, als allein zur Uebertragung der Angaben des Aneroids.

Stellen wir dem Aneroid gegenüber in einem kleinen Abstände ein kreisförmiges Metallthermometer auf, dessen Zeiger *C* ebenso lang wie der des Aneroides ist und dessen Axe in der Verlängerung der Axe des Aneroides liegt, drehen aber das Metallthermometer so um, daß der Punkt des Kreisbogens, worauf der Zeiger im Mittel steht (15° C.), diametral gegenüber liege dem Punkte, worauf der Zeiger *A* des Aneroides im Mittel steht (760^{mm}). Denken wir uns das Uhrwerk in soweit weggenommen, daß allein sein Minutenzeiger *B* zwischen den beiden Ebenen der Zeiger *A* und *B* sich drehe und befestigen wir an der Spitze des Zeigers *B*, anstatt des vorhin genannten Federchens, ein Sförmig gebogenes Doppelfederchen, so wird bei richtiger Stellung der Instrumente der Zeiger *B* bei jeder Umdrehung einmal in Contact kommen mit dem Zeiger *A* und einmal mit dem Zeiger *C*, welcher ebenso wie der Zeiger *A* mit dem +Poldrahte verbunden ist. Auf dem chemisch präparirten Papier bekommen wir demnach bei jeder Umdrehung zwei Notirungen, über deren Bedeutung kein Zweifel seyn kann, weil die Stellen, wo sie aufgezeichnet sind, jede Verwirrung unmöglich machen.

Dies war meine erste Idee, welche, obgleich bei der Ausführung wiederholt geändert, doch die Grundlage geblieben ist von der nun zu beschreibenden Einrichtung eines höchst einfachen Universal-Meteorographen für Solitär-Observatorien.

Bei der Beschreibung wie bei den Zeichnungen lasse ich die meteorologischen Instrumente selbst ganz bei Seite, da, wie ich früher bemerkte, alle Instrumente gebraucht werden können, deren Bewegungen sich auf einen Hebelarm übertragen lassen, so daß in der Zeichnung nur die mit einem gezahnten Bogen versehenen Hebel, welche auf Zahnräder, an denen die Zeiger befestigt sind, wirken, dargestellt sind.

Der Luftdruck kann also gemessen werden: durch ein Heberbarometer, auf dessen offnem Schenkel ein Schwimmer ruht, durch ein Waage-Barometer oder

durch
der
Spira
mit
ein

Bew
in i
Boge
ist
Vorn
hier
verst
kom
in e
Instr
Syst
Beob

Reg
die
dreh
der
Met
rich
wel
Zah
strin
vom
mac
in e
ich
zur
und
sich

auf

durch die beiden Arten des Aneroid-Barometers, welche auf der Ausdehnung von Metallen in Form von Stäben oder Spiralen beruhen, als auch durch das Luftthermometer mit Schwimmer, die Feuchtigkeit der Luft endlich durch ein Haar- oder Darmhygrometer.

Bei diesen Apparaten muß aber die Fortpflanzung der Bewegung auf den Hebel so berechnet seyn, daß die Zeiger in ihren größten Abweichungen nur einen bestimmten Bogen beschreiben, dessen Anzahl von Graden abhängig ist von der Anzahl der Instrumente, die man mit der Vorrichtung registriren will. In dem Beispiel, das ich hier gewählt habe, dürfen die Zeiger sich nur um 90° verstellen, auf daß sie niemals mit einander in Berührung kommen können und ihre Angaben auf dem Cylinder nicht in eine Zone fallen, die für die Angaben eines anderen Instrumentes bestimmt ist. Das von mir angenommene System beruht nämlich auf der nach einander folgenden Beobachtung der Instrumente.

Die Windrichtung, die Windgeschwindigkeit und die Regenmessung verlangen aber eine andere Einrichtung; die Windrichtungsbestimmung verlangt eine ganze Umdrehung, ebenso das Rädchen von Robinson zur Messung der Windgeschwindigkeit. Wie dies schon bei anderen Meteorographen geschehen ist, habe ich bei meiner Vorrichtung angenommen, daß durch das Windrädchen, welches mit einer Schraube ohne Ende und der nöthigen Zahl von Uebertragungsrädern versehen ist, das zur Registrierung dienende Rad nur eine Umdrehung in Folge eines vom Luftstrom zurückgelegten Weges von 20 Kilometern macht, welcher Weg beinahe nie durch einen Luftstrom in einer Stunde durchlaufen wird. Als Regenmesser schlage ich eine Vorrichtung vor, welche ich bereits vor 20 Jahren zur Messung von Flüssigkeiten wie auch von körnigen und pulverförmigen Stoffen empfohlen habe und welche sich aus der Fig. 1 ohne ausführliche Beschreibung ergibt.

Sey A ein Gefäß von bekannter viereckiger Oberfläche, auf das der Regen fällt, dessen Menge durch den Wasser-

messer gemessen werden muß; dies Wasser fällt durch die Röhre *a*, — die von unten mit einer Gießröhre *M* versehen ist, damit das Wasser beim Fallen in das Gefäß keinen Stoß verursache — auf ein Gefäß *bb'b*, welches ein Sector von einem Cylinder ist, und welches sich um die Axe *d* drehen kann. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind zwei gleiche Gefäße mit einander verbunden, wovon eins immer unter der Gießröhre steht, während das andere das Wasser entleert, welches es soeben aufgenommen hat; der verticale Durchschnitt der Gefäße ist ein ungleichseitiges Dreieck, so daß die durch die Axe gelegte verticale Fläche das Gefäß in zwei Theile von ungleichem Inhalte theilt; das Uebergewicht des Wassers in der äußeren Hälfte macht das Gefäß umschlagen; um nun mit Sicherheit die Menge Wasser zu regeln, die das Gefäß umschlagen macht, z. B. ein Liter oder einen Theil davon, fallen die Gefäße mit ihren Lippen *mm* auf die Kautschukkissen *oo*, deren Stand durch die Stellschrauben *RR* regulirt wird. Aus der Zeichnung ersieht man ferner, wie die Uebertragung der Bewegung stattfindet, so daß wir ein Rad erhalten, welches für jede 100 Liter (oder bestimmte Theile davon) durchgelaufenen Wassers eine Umdrehung macht.

Wir haben also hier drei Apparate, deren Endbewegung eine drehende ist, welche in eine geradlinige umgewandelt werden muß, um bequem registrirt werden zu können.

Die einfachste Weise, dies zu erreichen, ist nach meiner Meinung folgende, wobei man beachten muß, daß die Einrichtung darauf beruht, daß die Angaben jedes meteorologischen Instrumentes einmal innerhalb einer Stunde aufgezeichnet werden. Die Instrumente für die Windgeschwindigkeit und Regenmessung müssen also so eingerichtet seyn, daß das Rad, welches die Angaben liefert, im Verlauf einer Stunde niemals eine ganze Umdrehung vollbracht haben kann, so daß man nicht in Ungewißheit ist, ob in der abgelaufenen Stunde der Luftstrom 2 oder 22 Kilo-

meter zurückgelegt hat und ob durch den Regenmesser 5 oder 105 Liter Wasser gelaufen sind.

Zwei Räder *A* und *B* von gleichen Halbmessern sind so gestellt, daß ihre Axen in einem Abstände von ein-

Fig. 2.



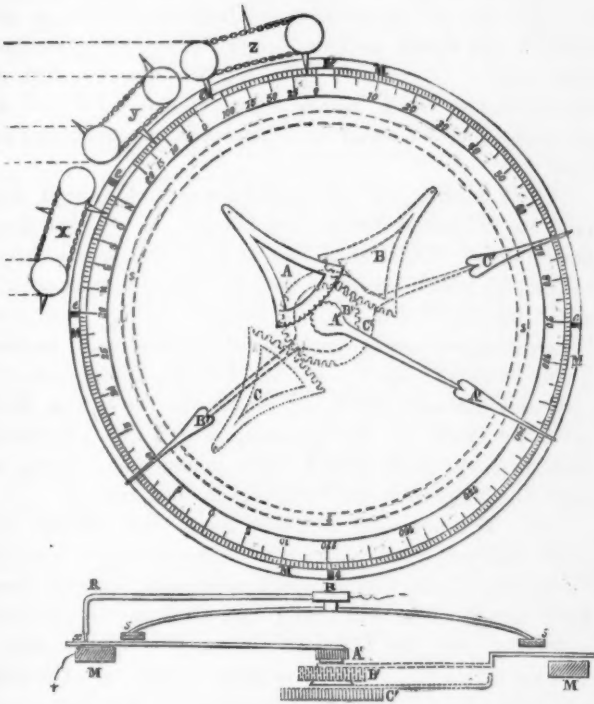
ander stehen, der gerade gleich ist dem Umfange der Räder. Wird das Rad *A* durch eins der Räder in Bewegung gebracht und wird um die zwei Räder *A* und *B* ein Riemen oder eine Kette gelegt und werden daran drei Stäbchen *bbb* befestigt, deren jedes von dem anderen um die Länge des Räderumfanges entfernt ist, so wird bei der Umdrehung des Rades *A*, welches dem Rade *B* durch den Riemen seine Bewegung mittheilt, immer einer der drei Stäbe sich über die Theilung *pp* bewegen und bei einer vollen Umdrehung des Rades *A* die ganze Theilung durchlaufen, während, wenn dies Stäbchen bei dem Rade *B* die eingetheilte Scale verläßt, in demselben Augenblicke das zweite Stäbchen bei dem Rade *A* wieder darauf ankommt. Diese Einrichtung genügt allen Anforderungen, sowohl zum Registriren einer fortschreitenden drehenden Bewegung wie es bei dem Windgeschwindigkeits- und Regenmesser nöthig ist, als auch bei der Windfahne, die sich bald in der einen, bald in der andern Richtung dreht.

Gehen wir nun zu der Beschreibung des Registririnstrumentes über und zwar zunächst zu dem Theile desselben, welcher auf dem Solitär-Observatorium befindlich ist.

Der Hebel *A* wird durch ein Barometer, der Hebel *B* durch ein Metallthermometer, der Hebel *C* durch ein Hygrometer bewegt, jeder Hebel überträgt seine Bewegung auf ein besonderes Zahnrad *A' B' C'*, woran der Zeiger befestigt

ist.
Hel
über
sch
una
mü
voll
rüh
ang
men
ihre

Fig. 3.



ist. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, liegen diese Hebel und Zahnräder nicht in derselben Ebene, sondern übereinander, so daß sich die Zahnräder um eine gemeinschaftliche Axe drehen, im Uebrigen aber vollkommen unabhängig von einander sind. Die Enden der Zeiger müssen aber ihre Bewegungen in ein und derselben Ebene vollbringen und zwar, wie wohl ganz frei, beinahe berührend über dem Ringe *MMMM*, auf dem die Theilung angebracht ist, weshalb die Zeiger von zweien der Instrumente eine Kniebiegung haben. Die Zeiger oder jedenfalls ihre Enden, die in ein dünnes Stäbchen auslaufen, be-

stehen aus Ebonit, einem Stoff, der die Elektrizität nicht leitet; jeder Zeiger endlich kann bei seinem größten Ausschlage sich nur innerhalb eines Quadranten bewegen, und also nie mit einem anderen Zeiger in Berührung kommen. Den vierten Quadranten habe ich für die Angaben der Windrichtung bei *X*, Windgeschwindigkeit bei *Y* und Regenmenge bei *Z* benutzt nach dem oben angegebenen Principe.

Die Stäbchen, die zur Registrirung dienen, sind ebenfalls aus Ebonit gefertigt und können, da wir bei diesen Instrumenten Ueberschufs an bewegender Kraft haben, reibend (*à frottement dure*) über die Theilung hinstreichen; selbst für die Windfahne, die zuweilen heftige und große Schwenkungen macht, wodurch der später zu nennenden Feder Schaden zugefügt werden könnte, schlage ich vor, statt des Riemens oder der Kette um die beiden Räder ein Kautschukband zu spannen, woran die Ebonitstäbchen befestigt sind, damit durch genügende Reibung auf dem Theilungsrande die Stöße gebrochen werden.

Der Theilungsrand *MMMM* kann von Metall oder jedem anderen Stoffe, aber der äußerste Rand muß von Platin oder stark vergoldetem Kupfer seyn, da auf diesem Theil des Randes Schließung und Oeffnung des Stromes stattfindet, und also Oxydation vermieden werden muß.

Dem Theilungsringe gegenüber steht ein Uhrwerk, von welchem wir in der Zeichnung nur den Minutenzeiger *RR*, dessen Axe in der Verlängerung der Axe der Zeiger von den Instrumenten liegt, dargestellt haben; an der Spitze dieses metallenen Minutenzeigers ist ein goldenes Federchen *x* angebracht, welches sich schleifend oder reibend auf dem vergoldeten oder Platin - Außenrand fortbewegt, und da dieser Rand durch einen Leitungsdraht mit dem + Pole und der Minutenzeiger durch einen Leitungsdraht mit dem — Pole einer Batterie verbunden ist, wird der Strom geschlossen seyn, so lange der Contact nicht durch ein dazwischen kommendes Ebonitstäbchen von einem der Zeiger der Instrumente unterbrochen wird;

sowie
der St

W
auf de
spiel
chen v
nun be
durch
vatori
dem r
mittels
macht
Solitär

Au
ruht d
von s
einige
den w
vatori

De
gesag
ist di
Cylind
sich p

N
wechs
sich
woran
ist, d
wird

1) A
ch
fa
u
g
st
a
te

sowie aber das Goldfederchen darüber hingegangen, ist der Strom wieder geschlossen.

Wenn also der Minutenzeiger in einer Stunde einmal auf dem Rande herumgegangen ist, wird in unserem Beispiel der Strom sechsmal auf einen Augenblick unterbrochen worden seyn. Diese Stromunterbrechungen werden nun benutzt, um auf dem Hauptobservatorium, — welches durch einen Telegraphendraht mit dem Solitär-Observatorium in Verbindung steht, — die Aufzeichnungen auf dem mit Papier bedeckten Cylinder zu machen, welcher mittelst eines Uhrwerks einen Umgang in der Stunde macht und sich also isochron mit dem Minutenzeiger des Solitär-Observatoriums dreht.

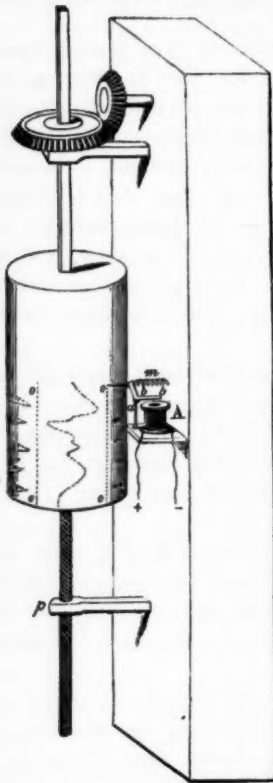
Auf dem Isochronismus dieser beiden Bewegungen beruht die Genauigkeit meines Meteorographen und um hiervon sicher zu seyn, werden auf dem Theilungsringe an einigen festen Punkten Ebonitblättchen befestigt, die über den wahren Gang des Uhrwerks auf dem Solitär-Observatorium alle Sicherheit geben.

Der Cylinder auf der Hauptstation Fig. 4 wird wie gesagt durch ein Uhrwerk um seine Axe gedreht, jedoch ist diese Axe mit einer Schraube versehen, so daß der Cylinder nach jeder Umdrehung z. B. um einen Millimeter sich gesenkt hat.

Neben dem Cylinder steht eine Spirale *A*, deren abwechselnder Magnet bei der Schließung des Stromes ein sich um eine Axe *d* drehendes Stück Eisen *bb* anzieht, woran ein Stift (von Graphit, Stahl oder Diamant) befestigt ist, der durch eine Spiralfeder gegen den Cylinder gedrückt wird¹⁾, so daß wenn der Strom geschlossen ist, der Stift

- 1) Als diese Abhaudlung zum Drucke fertig war, empfing ich die Brochüre des Hrn. M. E. van Rysselberghe, Professor an der Seefahrtsschule in Ostende: *Notice sur un système météorographique universel*, enthalten in den *Bulletins de l'Académie Royale de Belgique* 2. Serie T. XXXVI, No. 9, § 10, 1273. Die Einrichtung seines in vieler Hinsicht praktischen Meteorographen beruht auf ganz andern Principien als die meinige; der Strom geht wie bei dem Meteorographen von Wheatstone durch die Instrumente selbst, und

Fig. 4.



Geht das Uhrwerk auf der Solitärstation schneller oder langsamer als das auf der Hauptstation, so werden diese

ich meine, daß dies zu Fehlern Veranlassung geben kann, weshalb ich es bei meiner Einrichtung ganz vermieden habe. Ich finde aber seine Registrirmethode mittelst einer Stahlnadel (besser noch Diamantspitze) auf einem mit Firnis überzogenen Kupferblatt, statt des Bleistifts auf einem Papierblatte, sehr praktisch, da dies Kupferblatt, nachdem es in Aetzwasser getaucht ist, zur Verfertigung von beliebig vielen Abzügen dienen kann, die man an andere Observatorien versenden kann.

vom Cylinder zurückgezogen wird, bei jeder Unterbrechung des Stromes im Solitär-Observatorium aber auf der Hauptstation der Stift gegen den Cylinder angedrückt wird und auf ihm einen Punkt oder Strich zeichnet; einen Augenblick darnach bei der Schließung des Stroms wird der Stift durch den Magnetismus zurückgezogen.

Ein Blick auf die Fig. 4 genügt zum Verständniß dieser Einrichtung. Die geraden Linien *o, o, o, o*, die durch eine Folge von Punkten oder Strichen erhalten werden, bilden die Controle über den isochronen Gang der zwei Uhrwerke und werden durch die in dem eingetheilten Rande des Instrumentes auf dem Solitär-Observatorium eingelassenen festen Ebonitblättchen hervorgebracht.

Linie
stehe
dem
blick
nicht
kann
einst
auf
die
D
es a
hat r
A. F
keine
einen
nur
Stati
der
Solit
rung
V
spro
Stat
mus
nisse
beka
Obs
wer
Uhr
regu
jedo
lage
meh
zur
trag
bish
wöl

Linien nicht mehr parallel mit der Axe seyn, sondern schief stehen und bei unregelmäßigem Gange selbst gebogen auf dem Cylinder erscheinen. Man wird also jeden Augenblick auf der Hauptstation benachrichtigt, und wenn es nicht möglich ist, nach der Solitärstation zu gelangen, kann man das Uhrwerk auf der Hauptstation in Uebereinstimmung mit dem verkehrten Gange des Uhrwerks auf der Solitärstation setzen und die Correction anbringen, die dieser verkehrte Gang nothwendig macht.

Die Construction eines Uhrwerks, welches, ohne daß es aufgezogen zu werden braucht, ein ganzes Jahr geht, hat nach dem Urtheil des berühmten Chronometermachers A. Hoh, welchen ich hierüber zu Rathe zog, durchaus keine Schwierigkeit, so daß man solches Uhrwerk auf einen hohen Berggipfel aufstellen kann, wenn man auch nur während einiger Sommermonate Gelegenheit hat, die Station zum Nachsehen der Instrumente und Aufziehen der Uhr zu besuchen. Ein Telegraphendraht von der Solitär- nach der Hauptstation ist alles was zur Registrirung dieser weit abgelegenen Instrumente erfordert wird.

Wir haben bisher immer von zwei Uhrwerken gesprochen, die unabhängig von einander auf den beiden Stationen aufgestellt sind und deren Gang isochron seyn muss; jedoch wird Jeder, der mit den jetzigen Erfordernissen der Telegraphie und der telegraphischen Uhrwerke bekannt ist, begreifen, daß der Minutenzeiger des Solitair-Observatoriums auch telegraphisch in Bewegung gesetzt werden kann und daß seine Bewegung durch dieselbe Uhr, welche auf der Hauptstation den Cylinder dreht, regulirt werden kann; ein zweiter Telegraphendraht würde jedoch hierzu nothwendig werden und die Kosten der Anlage eines Solitär-Observatoriums unnöthiger Weise vermehren; nach meiner Ansicht kann derselbe Draht sowohl zur Bewegung des Minutenzeigers, als auch zur Uebertragung der Angaben der Instrumente dienen. Wir haben bisher angenommen, daß der Minutenzeiger, wie bei gewöhnlichen Uhren, einmal in der Stunde einen Umgang

make, so daß, je nachdem der Stand der Instrumente, die Barometerangabe z. B. um $12^u 10'$, die Thermometerangabe, die im folgenden Quadranten stattfindet um $12^u 28'$, die Hygrometerangabe wieder eine Viertelstunde später und die Angaben der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Regenmessung im vierten Quadranten geschieht. Diefß wird von den Meteorologen nicht für wünschenswerth gehalten, indem sie einer gleichzeitigen Beobachtung aller Instrumente den Vorzug geben, um auf diese Weise in jedem Augenblicke ein vollständiges Bild des Zustandes der Atmosphäre zu bekommen. Auf dem meteorologischen Congresse zu Wien 1873 wurde sogar der Wunsch geäußert, die Beobachtungen in den verschiedenen Observatorien auf der ganzen Erde in demselben Augenblicke stattfinden zu lassen.

Anstatt also den Minutenzeiger im Solitär-Observatorium und den Cylinder auf dem Hauptobservatorium sich in jeder Stunde einmal umdrehen zu lassen, schlage ich vor, die Umdrehung in einem Stundentheil, je nachdem der Meteorologe eine größere oder geringere Zahl von Beobachtungen wünscht, in einigen wenigen Minuten ausführen zu lassen, während in der übrigen Zeit der Zeiger in Ruhe bleibt.

Während dieser Ruhezeit könnte der Strom auf dem Solitär-Observatorium zur Hebung eines Gewichtes oder zum Spannen einer Feder verwendet werden, wozu die Kraft nur zur Bewegung des Minutenzeigers hinzureichen braucht. In jeder Stunde würde also von dem Hauptobservatorium aus, durch die dort befindliche Uhr mittelst des galvanischen Stromes, der durch einen Anker oder eine Feder festgehaltene Minutenzeiger auf dem Solitär-Observatorium ausgelöst, der alsdann, durch die Feder oder das Gewicht und ein Pendel zur Regulirung in Bewegung gesetzt, in 2 bis 3 Minuten seinen Umgang zurücklegen würde, während dem Cylinder auf dem Hauptobservatorium eine mit jener isochrone Bewegung ertheilt wird. Während dieses Zeigerumganges hat der Strom also nur

zum S
früher
seinen
und d
ein R
hoben
aufzuh
seinen
Be
teorog
es not
nigkeit

De
Reibun
rührun
mit de
thermo
im Ut
seit vie

Da
noch nie
und Gen
registrir
schen-O

Zwe
und \pm
und B ,
dem Sch
ebenfalls
jedoch un
einem Pa

Dam
dürfen si
Um diese
wie man
Ende der
Messingh
D'R sind
dessen A
kleines U

zum Signalisiren der Angaben der Instrumente auf die früher beschriebene Weise zu dienen. Nachdem der Zeiger seinen Umgang vollbracht hat, wird er wieder festgelegt und der Strom beginnt auf einen Anker zu wirken, der ein Rad in Bewegung setzt, wodurch das Gewicht gehoben oder die Feder gespannt wird, um damit wieder aufzuhören, sobald die Stunde verflossen ist und der Zeiger seinen Umgang von Neuem zurücklegen muss.

Bei vorläufigen Versuchen zur Prüfung meines Meteorographen bin ich auf eine Schwierigkeit gestossen, die es nothwendig macht, dieser Einrichtung noch eine Kleinigkeit hinzuzufügen.

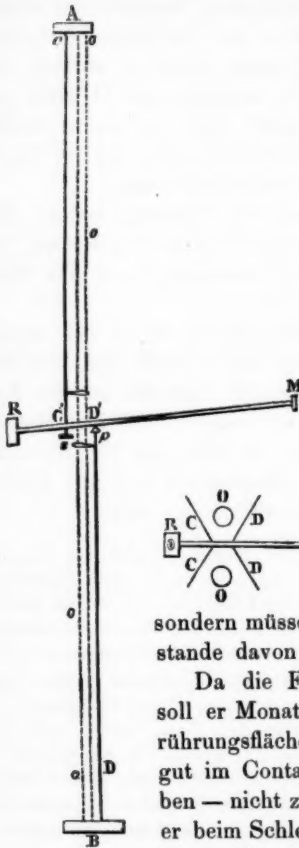
Der Zeiger eines Aneroidbarometers kann sehr wenig Reibung überwinden und wird selbst durch eine leise Berührung aus seiner Lage gebracht; dasselbe ist der Fall mit dem Haarhygrometer, viel weniger mit dem Metallthermometer, namentlich dem, welches von Dr. Krecke im Utrechter Observatorium eingerichtet ist und bereits seit vielen Jahren ausgezeichnete Dienste leistet.

Da das Metallthermometer des Dr. Krecke, soviel mir bekannt, noch nicht beschrieben worden ist, und doch wegen seiner Einfachheit und Genauigkeit sowohl, als wegen der Leichtigkeit, mit der die Selbstregistrirung stattfindet, eine allgemeine Anwendung in den meteorologischen Observatorien verdient, so theile ich hier seine Construction mit.

Zwei Glasröhren oo (siehe umstehend Fig. 6), ungefähr 1,5 Meter lang und ± 3 Ctm. im Durchmesser, verbinden zwei eiserne Schlufsstücke A und B , von denen das eine B solide an einer Wand befestigt wird. An dem Schlufsstück A ist eine Zinkplatte CC' und an dem Schlufsstück B ebenfalls eine Zinkplatte DD' befestigt, die beide übrigens ganz frei sind, jedoch um Verbiegungen zu verhindern, nahe bei ihren freien Enden mit einem Paar Ringen versehen sind, die über die Glasröhren oo frei gleiten.

Damit die Zinkplatten schnell die Temperatur der Luft annehmen, dürfen sie nicht zu dick seyn, doch müssen sie die nöthige Stärke haben. Um diese zu erreichen, sind sie der Länge nach wie eine Rinne gebogen, wie man aus der Durchschnittsfigur (Fig. 6) sehen kann. An dem freien Ende der Platte DD' ist eine stählerne Pfanne p befestigt, auf der der Messinghebel RM eben wie bei einer Waage ruht; seine Arme $D'M$ und $D'R$ sind ungleich. Bei R ist ein verschiebbares Gewicht angebracht, dessen Abstand von D' so bemessen ist, daß der Arm $D'M$ nur ein kleines Uebergewicht hat. Ausserdem ist in dem Hebel bei s eine Schraube

Fig. 6.



mit einer aufwärts gerichteten Spitze angebracht, welche Spitze gegen das freie Ende der Zinkplatte CC' drückt, so daß der Hebel anders gestellt werden kann und der Bleistift, den er bei M trägt, höher oder niedriger zu stehen kommt. Die Wirkung dieses Instrumentes ist nun einfach diese: Wenn die Temperatur steigt, dehnen sich die Zinkplatten aus und zwar 4mal mehr als Glas; der Stützpunkt D' steigt, während der Stützpunkt C' sinkt, der Hebel dreht sich also ein wenig um einen zwischen C' und D' liegenden Punkt und der Bleistift geht aufwärts; beim Sinken der Temperatur geschieht das Umgekehrte.

Wie ich bereits früher bemerkte, dürfen die Zeiger dieser Instrumente nicht auf dem getheilten Rande reiben,

sondern müssen sich in einem kleinen Abstände davon frei bewegen können.

Da die Feder des Minutenzeigers — soll er Monate hindurch, ohne daß die Berührungsfläche gereinigt zu werden braucht, gut im Contact mit dem Metallringe bleiben — nicht zu schwach seyn darf, so würde er beim Schleifen über das Zeigerende des Aneroidbarometers und des Hygrometers

diese Zeiger aus ihrer Lage verschieben können, wodurch unrichtige Angaben dieser Instrumente erhalten werden würden. Um diese zu verhindern, wird durch dieselbe Einrichtung, welche den Minutenzeiger auslöst und festlegt, ein feingerippter Ring (*sss* Fig. III) sanft

auf die
sie ge
Weise
gange
die Go
ohne s
Zeiger
ihre f
Zeiger
Schwie
wenig
Bei
digkeit
unnöth
die El
Ring

Wie
fernem
Instrum
komm

In
gehalt
etwa 2
chrom
das D
die ü
wenig
bestim
tenen
Result
benes
mals
Weise
Es ist
röhre

1) P
P.

auf die Zeiger der Instrumente niedergelassen, so dass sie gegen den Theilungsrand angedrückt und auf diese Weise während der Zeit, die der Zeiger zu seinem Umgange gebraucht, unbeweglich festgehalten werden, so dass die Goldfeder über die Ebonitspitzen hinweggehen kann, ohne sie zu verschieben. Zugleich mit dem Festlegen des Zeigers wird der Ring wieder gehoben und den Zeigern ihre freie Bewegung zurückgegeben. Das Festlegen der Zeiger während dieser kurzen Zeit hat durchaus keine Schwierigkeit, da die Variationen der Instrumente in den wenigen Minuten beinahe gleich Null sind.

Bei den Zeigern für die Windrichtung, Windgeschwindigkeit und die Regenmessung ist diese Vorsorge ganz unnöthig, da die bewegende Kraft hier sehr groß ist und die Ebonitblättchen, wie bemerkt, sich reibend auf dem Ring bewegen können.

Wir sehen daher, dass die Frage, Angaben von in fernem Abstände oder beträchtlichen Höhen aufgestellten Instrumenten zu registriren, durch diese Einrichtung vollkommen gelöst wird.

In Hinsicht auf die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft bleibe ich jedoch bei meiner bereits vor etwa zwanzig Jahren geäußerten Meinung, dass das Psychrometer von August, die Haar- und Darmhygrometer, das Daniell'sche Thauhygrometer wohl Instrumente sind, die über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft mehr oder weniger richtige Angaben liefern, dass aber eine Gewichtsbestimmung der in einem bestimmten Luftvolumen enthaltenen Wassermenge allein im Stande ist, uns wahre Resultate darüber zu verschaffen. Mein früher¹⁾ beschriebenes hygrometrisches Aräometer ist, wie ich schon damals gezeigt habe, geeignet, die Bestimmung auf einfache Weise, die auch Selbstregistrirung zulässt, auszuführen. Es ist durchaus nicht schwierig, mittelst einer Kautschukröhre die Luft von einem sehr entfernten Punkte durch

1) Pogg. Ann. Bd. XCIII, p. 343, und *Archives Néerlandaises* T. VI, p. 419.

einen Aspirator zu saugen, während das Aräometer sich auf der Hauptstation befindet.

Da das Solitär-Observatorium doch durch einen Leitungsdraht mit der Hauptstation verbunden ist, so kann dieser Leitungsdraht in die Kautschukröhre gesteckt werden, die dann als Isolator und zum Schutze dieses Drahtes dient. Der einzige Fehler, der hierbei entstehen könnte, wäre, daß die mit Wasserdampf gesättigte Luft auf der Solitär-Station eine höhere Temperatur hätte, als auf irgend einer Stelle des Weges, den die Kautschukröhre durchläuft, wodurch in der Röhre ein Niederschlag von Wasser entstehen würde, welcher also nicht in das Aräometer gelangte; doch dies ist kaum zu befürchten, da ja meistens die Temperatur mit der Höhe der Luftschichten über der Erdoberfläche abnimmt; eine warme feuchte Luftschicht über einer kälteren Unterlage wird wohl zu den Ausnahmen gehören.

Zum Schlusse noch ein Wort über das Solitär-Observatorium, wenn man dieses durch einen *ballon captif* in höhere Schichten der Atmosphäre bringen und dort kürzere oder längere Zeit schwebend erhalten will.

Die von mir vorgeschlagene Einrichtung ist dazu vollkommen geeignet und erfordert nur zwei Leitungsdrähte in dem Kabel, welches den *ballon captif* festhält. Den Einwurf, daß das Gas aus einem *ballon captif* sowohl durch Lecken als durch Diffusion bald entweiche, so daß ein solcher Ballon nicht länger als einige Tage in der Luft würde verbleiben können, glaube ich auf einfache Weise widerlegen zu können.

Die zwei Leitungsdrähte in dem Kabel müssen von einander isolirt werden. Eine andere Schwierigkeit als eine Gewichtsvermehrung des Kabels besteht darin, die Leitungsdrähte in Kautschukröhren zu stecken, worin sie auf einfache Weise von Abstand zu Abstand befestigt werden könnten. Eine der beiden Kautschukröhren würde alsdann fortwährend einen Wasserstoff- oder Leuchtgasstrom in den Ballon führen, während die andere der Luft,

die a
dem l
gang
A
so la
bis c
seine
E
lösen
derse
maße
vertic
an d
mativ
über
gewin
stand
oder
Höhe
A
wiele
Syste
schie
Anw

M
ballon
steig
1000
dure
Ballon
müß
aus
so m
bene
relat
Po

die aus beträchtlicher Höhe mittelst des Aspirators nach dem hygrometrischen Aspirator gesogen würde, den Durchgang gestattete.

Auf diese Weise eingerichtet würde der *ballon captif* so lange in der Höhe schwebend erhalten werden können, bis ein durch die Beobachtungen angekündigter Sturm seine Einziehung nöthig machte.

Eine Schwierigkeit jedoch, welche ich nicht gut zu lösen weiß, besteht darin, den *ballon captif* in einer und derselben Höhe zu erhalten, besonders wenn ein einigermaßen starker Wind ihn fortbewegt und das Kabel seinen verticalen Stand verliert; in diesem Falle hat die Ablesung an dem Barometer keinen andern Werth, als die approximative Bestimmung der Höhe, in der die Instrumente sich über der Erdoberfläche befinden, und man bleibt in Ungewißheit, ob die beobachteten Variationen des Barometerstandes einem Höhenunterschiede im Stande des Ballons oder einem Unterschiede im Druck der Luft auf gleicher Höhe zugeschrieben werden muß.

Anderen überlasse ich die Beantwortung der Frage, in wiefern man durch eine bestimmte Form des Ballons, das System des Drachen, der, indem der Wind gegen eine schiefe Ebene wirkt, zum Steigen gebracht wird, hier in Anwendung bringen könne.

Mit Grund wird man aber gegen den Gebrauch von *ballons captifs* einwenden, daß die Höhe, bis zu der diese steigen können, eine sehr beschränkte ist, höchstens von 1000 Metern, weil, außer vielen anderen Schwierigkeiten, durch das stets zunehmende Gewicht des Kabels der Ballon, der solches Kabel tragen könnte, sehr groß seyn müßte. Will man aber meteorologische Beobachtungen aus viel größeren Höhen, von 5- bis 10000 Metern haben, so machen die relativ geringen Kosten des von uns beschriebenen Solitär-Observatoriums ohne Signalisirung und das relativ geringe Gewicht, welches der Ballon, bei Anwen-

dung eines solchen Apparats zu tragen hat, ein so eingerichtetes Observatorium sehr geeignet, mittelst eines relativ sehr kleinen Ballons in die Lufträume gesandt zu werden, auf die Gefahr hin, daß von zehn ausgesandten Observatorien eins oder zwei durch Fallen in die See oder an einen unbewohnten Ort, für immer verloren gehen; selbst bei solchem Verlust werden die Kosten weit zurückstehen hinter denen, welche ein großer Ballon, der Menschen mitführen muß, verursacht. Das selbstregistrirende Barometer würde alsdann die Höhe angeben, in welcher die Angaben der Instrumente für Temperatur, Feuchtigkeit usw. in jedem Augenblicke der Reise gemacht sind, während ein auf die beschriebene Weise selbstregistrierender Compaß die Richtung angeben würde, in welcher der Ballon in den verschiedenen Momenten seines Zuges und in den verschiedenen Luftschichten, die er durchzogen hat, fortbewegt worden ist. Es versteht sich von selbst, daß dies Solitär-Observatorium mit einer elastischen Hülle umgeben seyn müßte, damit der Stoß beim Niederlassen auf den Boden gebrochen würde. Eine in einigen Sprachen geschriebene, auf dem Apparat befestigte Bitte, den Apparat nicht zu öffnen und unbeschädigt unter einer bestimmten Adresse zurückzusenden und eine Benachrichtigung in verschiedenen Zeitungen, damit, soviel wie möglich, Jeder mit dem Zwecke dieser aus dem Himmel kommenden Boten bekannt würde, könnten viel dazu beitragen, diesem Gedanken das scheinbar Unpractische zu nehmen.

IV.

 Un
 ich
 Univ

 J
 daß
 sey
 dene
 nom
 Silie
 Einfl
 daß
 misc
 Stab
 lysen
 der
 Kohl
 der
 dabe
 stand

 M
 deute
 Cons
 Kohl
 Vern
 fische
 rung
 magn
 D
 Eisen

 1) P
 2) C

IV. Fortsetzung der Untersuchung über Stahlmagnetismus; von A. L. Holz.

Unter der Leitung des Hrn. Prof. Helmholtz habe ich im hiesigen physikalischen Laboratorium der Königl. Universität nachstehende Arbeit ausgeführt:

In der ersten Untersuchung¹⁾ habe ich nachgewiesen, daß das magnetische Moment eines Stahlstabes abhängig sey von der Structur des Eisens und der damit verbundenen Structur des Kohleneisens; ich habe dabei angenommen, daß die übrigen beigemengten Bestandtheile, wie Silicium, Phosphor, Mangan, Schwefel, keinen so großen Einfluß auf die Lage der Molecüle im Stahlstabe ausüben, daß ich es nöthig hätte, für meinen Zweck genaue chemische Analysen vorzunehmen; inzwischen sind an einigen Stahlsorten von Boussingault²⁾ recht sorgfältige Analysen ausgeführt, deren Gesamtergebnisse ergeben hat, daß der Gußstahl als hauptsächlichste Qualität betrachtet, aus Kohle und Eisen zusammengesetzt ist, und daß nach der Cementation der Schwefelgehalt vermindert erscheint; dabei ist die Veränderung des Gehaltes der übrigen Bestandtheile selten höher als $\frac{1}{1000}$ gewesen.

Man darf deshalb im gewöhnlichen englischen oder deutschen Stahl die Textur bedingt ansehen durch die Constitution der freien Kohle, der chemisch gebundenen Kohle und des Eisens, und ich habe gezeigt, daß eine Verminderung des letzteren einer Vermehrung des specifischen Magnetismus entsprach, während eine Verminderung der beiden ersteren Bestandtheile stets ein kleineres magnetisches Moment zur Folge hatte.

Die sich hieran knüpfende Frage, wie sich das reine Eisen und Kohleneisen einzeln, im getrennten Zustande

1) Pogg. Ann. d. Phys. u. Chemie Bd. 151, S. 69, 1874.

2) Compt. rend. T. LXXVIII, p. 1451, 1874.

zu den magnetischen Eigenschaften verhalten, versuchte ich zunächst an reinem Eisen zu prüfen, zu welchem Zwecke ich Stäbe hergestellt habe, die als kohlenfrei zu betrachten waren und deshalb den hauptsächlichsten Anforderungen des einen Theiles genügten.

Zur besseren Uebersicht nachstehender Mittheilungen möchte ich mir erlauben, dieselben in drei Abtheilungen zu classificiren und zwar:

1. Die Erzielung der Eisenstäbe mittelst Elektrolyse.
2. Die magnetischen Eigenschaften des elektrolytischen Eisens.
3. Die Ursachen der Veränderung der magnetischen Coercitivkraft.

Es bestehen immer noch sehr verschiedene Meinungen über die vortheilhafteste, sichere Herstellung galvanoplastischer Eisenlamellen, besonders aber über die physikalischen Eigenschaften derselben, und ist die Verschiedenheit der Resultate durch die neueste Arbeit des Hrn. Beetz¹⁾ abermals vermehrt worden, welcher auf das bestimmteste erklärt, daß aus der von Jacoby benutzten Mischung ein glänzendes homogenes Eisen nicht zu erzielen sey; der besondere Grund hierzu läge in der Beschaffenheit der Lösung selbst, welche aus 135 Theilen schwefelsaurem Eisenoxydul und 123 Theilen schwefelsaurer Magnesia bestand, wozu eine Quantität kohlen-saurer Magnesia hinzukam, aus welcher die atomistische Zusammensetzung $F_2O + MgO + 2SO^1 + 14HO$ hervorging. Das specifische Gewicht hatte Hr. Beetz ebenfalls nach der Jacoby'schen Mittheilung auf 1,270 gebracht, und erzielte fast nur Niederschläge, welche „schwarz, ganz mit rauhen Aesten bedeckt waren und nach dem Trocknen unter der Luftpumpe über Schwefelsäure in mattes Grau übergingen“, während die Niederschläge aus der Böttcher'schen Lösung, die aus schwefelsaurem Eisenoxydul und Salmiak bestanden, schön metallisch glänzend waren, „ganz glatt und nur mit kleinen Gruben bedeckt“;

1) Sitzungsberichte der mathemat. phys. Klasse d. k. b. Akad. d. Wissensch. zu München 1874, 1. Heft, S. 35.

Hr.
trirt
klein
schw
gen,
im G
den;
ein h
Hom
war
Gewi
benut
liche,
erhie
diese
Strom
ment
einan
D
Hrn.
derse
dem I
ges E
Magn
die K
ges,
keine
oder
wie d
gewar
oxydu
Magn
Io
1) S
2) C
3) B
4) C
5) P

Hr. Beetz hat nur noch die Klein'sche Lösung concentrirt angewandt, und ebenfalls „*schwarzes, mattes, mit kleinen Warzen*“ *bedecktes Eisen erhalten*. Durch dieses schwärzliche Eisen resultirt Hr. Beetz einige Behauptungen, deren Prüfung nicht in meiner Aufgabe lag, die aber im Gange meiner Untersuchungen keine Bestätigung fanden; mir gelang es aus der Klein-Jacoby'schen Lösung ein hellglänzendes Eisen herzustellen, das an Glanz und Homogenität alle meine Erwartungen übertraf; jedoch war mir dieses erst dann gelungen, als ich das spezifische Gewicht von 1,279 auf 1,285 brachte und statt der früher benutzten Materialien, aus welchen ich dieselbe schwärzliche, poröse Masse, wie solche Hr. Beetz bezeichnet, erhielt, jetzt saubere und reine Krystalle benutzte. Ausser diesen Veränderungen wählte ich noch die geeignetste Stromstärke von 4 Siemens und Halske'schen Elementen¹⁾ und brachte die Entfernung der Elektroden von einander auf 52 bis 54^{mm}.

Die Herstellung des galvanoplastischen Eisens ist von Hrn. Krämer²⁾ aus reinem Eisenchlorür bewirkt worden, derselbe erhielt ein weiches schwammiges, schweißbares, mit dem Finger zusammendrückbares Eisen. Ein sprödes, brüchiges Eisen erhielt Hr. Klein³⁾, welches keinen permanenten Magnetismus zu haben schien. Hr. R. Lenz⁴⁾ hat, welcher die Klein'sche Lösung benutzte, ein feinkörniges, brüchiges, hellgraues Eisen erzeugt, das unter dem Mikroskope keine Krystallisation bemerken liefs; beim Glühen im Vacuo oder sauerstofffreien Atmosphäre wurde das Eisen so weifs, wie das zu Gefäfsen verarbeitete Platin. Hr. Böttcher⁵⁾ gewann aus einem Gemisch von schwefelsaurem Eisenoxydul und Salmiak ein sprödes Eisen, das des bleibenden Magnetismus fähig war.

Ich habe der Klein-Jacoby'schen Lösung für meinen

1) Siemens und Halske. Pogg. Ann. Bd. 108, S. 608, 1859.

2) Chem. Centralblatt 1861, p. 273.

3) Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg, XIII, 1868.

4) Chem. Centralblatt 1870, p. 188.

5) Poggend. Annalen LXVII., 1846, p. 117.

Zweck den Vorzug gegeben, da die von Jacoby erhaltenen Eisencylinder nur sehr geringe Coercitivkraft gehabt haben sollten, deren eigentliche Ursache und Veränderung zu studiren, ganz meiner Aufgabe entsprach.

Zur Reduction habe ich vier cylindrisch geformte Standgläser in Höhe von 300^{mm} und Durchmesser von 128^{mm}

"	200	"	"	"	150
"	253	"	"	"	180
"	314	"	"	"	150

angewandt, dann die Kathoden aus einer mit ganz dünnem gewalzten Kupferblech überzogenen Wachsplatte, wie schon erwähnt in 52 bis 54^{mm} Entfernung von den Anoden, die aus zusammengedrückten Cylindern von Eisenblech bereitet waren, in die Gefäße hineingesenkt und die Leitungsdrähte durch Klemmschrauben oberhalb der Flüssigkeit, ohne letztere zu berühren, befestigt; durch eine Zwischenschicht nichtleitender Masse habe ich die unteren und oberen Enden der Elektroden in stets gleicher Entfernung gehalten und auf dieselbe Art bezeichnete vier Standgläser eingerichtet, wovon jedoch zwei möglichst luftdicht abgeschlossen waren, welches ich mittelst geschliffener Glasdeckel und Einfettung des Glasrandes zu erreichen suchte.

Diese letztere Vorbereitung hatte den Zweck, das Eindringen der Luft in die Flüssigkeit zu verhindern, um während des elektrolytischen Processes eine Bildung von Eisenoxyduloxyd zu verhindern, worauf die zuerst erhaltene schwärzliche Masse wohl hindeuten dürfte; in diesen beiden Gefäßen waren die Elektroden hängend angebracht, sie berührten nicht den Boden und hielten vermöge ihrer relativ nicht geringen Schwere den Verschluss der Gefäße aufrecht.

Nach einem Tage schon wurde die Flüssigkeit vollkommen klar, die Eisenreduction ging regelmäfsig von Statten, die stromerzeugenden Elemente wurden nach etwa 14 Tagen mit reinem Wasser versehen und nach etwa 3 bis 4 Wochen hatte ich die Niederschläge fast $\frac{1}{2}$ bis zu einem Millimeter dick. Wohl entwickelte sich besonders in einem Apparate, welcher nicht verschlossen war, eine

nich
ange
nigt
entf
obgl
klein
hielt
blas
glän
4 Ge
para
zu v
fäße
wes
schl
Glan
ange
und
nur
die
jedo

Gev

2)

lame
reihe
schie
und
Stah

nicht unbedeutende Anzahl Gasbläschen, die fest, wie angewachsene Perlen, auf der Eisenplatte saßen; ich reinigte jedoch ohne weiteren Nachtheil die Elektroden und entfernte letztere um einige Millimeter von einander, und obgleich ich die durch die ersten Gasbläschen erzeugten kleinen Gruben jetzt nicht mehr beseitigen konnte, so erhielt ich doch auch hier nach weiterem ganz regelmässigem blasenfreien Verlauf eine schöne, gelungene, metallisch glänzende Platte.

Die vollständige Eisenreduction fand nicht in allen 4 Gefäßen zu gleicher Zeit statt, die abgeschlossenen Apparate hatten wohl 8 bis 14 Tage später, wie die offenen zu wirken angefangen, weshalb die in den letzteren Gefäßen erzeugten Platten eine gröfsere Dicke erhielten; die wesentlichsten Unterschiede, welche ich durch den Verschluss der Gefäße erreichte, bestanden in dem gröfseren Glanze und einer gleichmäfsigeren Textur der Eisenplatten.

Ich mufs noch bemerken, dafs die Schaumdecke der angewandten Flüssigkeit ununterbrochen fest liegen blieb, und dafs die Flüssigkeit stets so klar erschien, wie es nur irgend denkbar ist, Erschütterungen, durch welche die Schaumdecke hineingeführt werden könnte, müssen jedoch fern gehalten werden.

Die erhaltenen Platten hatten folgende Gröfsen:

In den geschlossenen Gefäßen:		In den offenen Gefäßen:	
No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.
190mm lang	176mm lang	204mm lang	156mm lang
60mm breit	62mm breit	83mm breit	74mm breit
Gewicht: 25,750	32,476	64,861	58,402

2) Die magnetischen Eigenschaften des galvanischen Eisens.

Mit diesem Vorrath glänzender und kräftiger Eisenslamellen konnte ich eine große Anzahl von Versuchsreihen ausführen, um die magnetischen Momente in verschiedenen Zuständen des kohlenfreien Eisens zu prüfen und die Ursachen dieser Veränderungen mit denen des Stahles vergleichen. Ich hatte zuerst die Frage zu erle-

digen: in wie weit darf ich die erhaltenen Eisenstäbe als reines Eisen ansehen, d. h. speciell für den Zweck dieser Untersuchung?

Es ist bekannt, daß das durch Elektrolyse erhaltene Eisen Gase occludirt. Diese Gase können von Eisentheilen so vollkommen eingeschlossen werden, daß letztere selbst nicht im vollständigen Vacuo zu entweichen vermögen, außerdem können aber noch Gaspartikelchen zwischen den krystallinischen Fasern haften, die theils durch Glühen und theils im Vacuo entfernt werden können. Ich habe dieses letztere Verfahren bei Bestimmung der specifischen Gewichte angewandt und das magnetische Moment bestimmt, bevor der Stab unter die Luftpumpe gebracht wurde; es war sehr deutlich während zwei Stunden wahrzunehmen, daß, nachdem das Wasser, in welchem der Stab sich unter dem Recipienten befand, keine Bläschen mehr zeigte, fortwährend Gasblasen in reicher Menge direkt *aus dem Eisen* durch das Wasser in die Höhe stiegen; ich habe das Vacuum so lange unterhalten, bis ich ein Entweichen von Gasen nicht mehr bemerken konnte. Es erwies sich hiernach, als nun wieder das magnetische Moment bestimmt wurde, dasselbe um einen ganz kleinen Werth größer, die Ablenkung des Galvanometerspiegels stieg von 44,75 auf 45,25 und ich gewann hierdurch die Ueberzeugung, daß die occludirten Gase auf das magnetische Moment keinen sehr erheblichen Einfluß ausüben. Es wurden nun einige kleine Stäbe aus den ganzen Platten geschlagen, während ich vorher die Ablenkungen durch ein Fernrohr vom Galvanometerspiegel bestimmte, welche die ganzen Eisenstücke verursachten, und hierdurch die Größe der Coercitivkraft zeigten, die sie *während der Reduction* erhielten; diese Ablenkungen waren in Millimetern:

für 1. Stab = 14, 2. Stab = 12, 3. Stab = 17,
4. Stab = 8.

Die Stäbe waren vom Galvanometer 450^{mm} und letzteres von der Skala 1470^{mm} entfernt.

Aus der Platte brach ich einige kleinere Stäbchen,

welch
die h
lesung
einer
messe
hatte,
und h
betref
zeichn
Millim
führte
von v
gung
sen's

welche ich magnetisirte und die am Galvanometerspiegel die hier folgenden Ablenkungen als Mittel einiger Ablesungen ergaben; zur Magnetisirung bediente ich mich einer 155^{mm} langen Magnetisirungsspirale, deren Durchmesser 39^{mm} betrug und welche 48 einfache Windungen hatte, die Stäbe zog ich durch diese Spirale so lange hin und her, bis ich das Maximum der Magnetisirung für die betreffende Stromstärke erreichte; die mit + und — bezeichneten Zahlen bedeuten die Gröfse der Ablenkung in Millimetern bei einer bereits für die ganzen Platten angeführten Stabentfernung von 540^{mm} vom Galvanometerspiegel, von welchem die Skala 1470^{mm} entfernt war; zur Erzeugung des elektrischen Stromes benutzte ich nur Bunsen'sche Elemente:

Stab Ia.: 62^{mm} lang, 12^{mm} breit:

1 Element:	+ 59	— 13,
2 Elemente:	+ 75,50	— 60,
3 "	+ 76	— 71,25
5 "	+ 78,25	— 74,
6 "	+ 87,75	— 88,
8 "	+ 87	— 87,12.

Stab Ia. gegläht:

2 Elemente:	+ 46	— 47,
4 "	+ 46,75	— 47.

Stab IIa.: 61^{mm} lang, 12^{mm} breit:

3 Elemente:	+ 86,50	— 87,50,
4 "	+ 86,50	— 86,25.

Stab IIa. gegläht:

1 Element:	+ 30,25	— 25,75,
2 Elemente:	+ 33,5	— 32,25,
3 "	+ 43,75	— 43,50.

Stab IIIa.: 54^{mm} lang, 10^{mm} breit:

3 Elemente:	+ 62,25	— 62,
4 "	+ 61	— 61,75.

Stab IIIa. gegläht:

6 Elemente:	+ 29,75	— 29,75.
-------------	---------	----------

Die Feststellung dieser Versuchsreihen für den geglühten und ungeglühten Zustand einiger elektrolytischen Magnete gestatteten mir einige physikalische Eigenschaften dieses Eisens zu beobachten, welche mit den bereits bekannten nicht vollkommen identisch sind; bei dem Glühen an der Gasflamme legte sich regelmässig eine Oxydhülle um das Stäbchen, welche ohne jede Schwierigkeit sich absplittern liess; man erhielt dann die Eisenplatte in einem weifsglänzenden platinähnlichen Metalle; als ich aber hierauf das glühende Eisen in Wasser fallen liess, spaltete sich selbst die Oxydhülle rings um den Stab schnell ab, und der glänzende Eisenkörper trat jetzt früher heraus. In diesem Zustande, besonders nach schwächerem Glühen, besitzt das Eisen einen nicht geringen Grad von Elasticität und dürfte wohl, da man dasselbe durch Glühen in verschiedene Zustände von Weichheit versetzen kann, seiner außerordentlichen Schönheit wegen noch weiterer technischer Verwendung werth seyn. Diese etwa 0,50^{mm} dicken Stäbchen besaßen einen silberhellen Klang, bei den dickeren Stäben habe ich diese Eigenschaft jedoch nicht gefunden, sie gaben beim Anschlagen mehr den Ton, welchen man am Blei wahrnimmt.

Das außerordentlich leicht Bruchige des Eisens geht durch das Glühen in derartige Weichheit über, dafs man es leicht mit einer kleinen Scheere schneiden kann; dieser Grad der Weichheit bleibt auch selbst dann in dem Eisen zurück, wenn man es schnell abkühlt; *eine erhebliche Härtung dieses Metalles war nicht wahrzunehmen, als ich es glühend rasch in eine Eismischung brachte.*

Einige Beobachtungen über die Härte ergaben folgendes Resultat:

Das ungeglühte Eisen wurde vom Apatit geritzt, während dasselbe Eisen den Flufsspath ritzte, demnach läge die Härte dieses elektrolytischen Eisens zwischen 4 und 5; das geglühte Eisen wurde vom Flufsspath geritzt, und ritzte selbst Kalkspath, die Härte wäre also zwischen 3 und 4, *durch schnelle Abkühlung des Eisens blieb jedoch ebenfalls die Härte zwischen 3 und 4.*

Unt
ein kry
das Sy
Augen
durche
Beobac
welche

Nach
magnet
den Ta
Kraft
seines
zu über
peratur
den Te
keine M
waren
rendem
Spiegel
das Stä
liess, di
deutend
regelmä
wollte i
Probirg
ratur b
solchen
chen B
lich wu
peratur

Dur
ich dem
Stahlsta
stärkere
bei den
rung de

Die
gen hab

Unter dem Mikroskope zeigte das elektrolytische Eisen ein krystallinisches Gefüge; bestimmtere Angaben über das System der Krystallisation kann ich bis zu diesem Augenblicke nicht machen, die Krystalle erschienen so durcheinander geworfen und so klein, daß noch weitere Beobachtungen zur genauen Bestimmung erforderlich sind, welche ich noch nachzutragen verspreche.

Nachdem die Stäbe Ia, IIa, IIIa gegläht und neu magnetisirt waren, habe ich an einigen aufeinanderfolgenden Tagen eine auffallende Abnahme der magnetischen Kraft gefunden, Ia verlor in 5 Tagen über die Hälfte seines Momentes, dasselbe fiel von 47 auf 23; um mich zu überzeugen, ob nicht etwa die Veränderung der Temperatur die Ursache sey, beobachtete ich ein Stäbchen bei den Temperaturen: 17,2°, 30°, 40°, 53°, wobei ich jedoch keine Momentveränderung wahrnehmen konnte; dagegen waren die unbedeutendsten Erschütterungen von solch störendem Einfluß, daß die Ablenkung des magnetischen Spiegels mehrere Theilstriche Abnahme zeigte, so oft ich das Stäbchen in ein Probirglas auch nur leise hineingleiten ließ, die Berührung beider war für den Stab eine so bedeutende Erschütterung, daß ich diese Empfindlichkeit regelmäsig durch eine Spiegelablenkung ablesen konnte; wollte ich nun das Stäbchen ohne Momentverlust in das Probirglas bringen, welches zur Bestimmung der Temperatur benutzt wurde, so mußte ich den Stab, um ihn vor solchen Erschütterungen zu schützen, mit einer sehr weichen Baumwollhülle umgeben, wodurch es mir erst möglich wurde, das Moment des Stäbchens während der Temperaturveränderungen mit Sicherheit bestimmen zu können.

Durch dreimaliges Werfen des Stabes zur Erde entzog ich demselben den ganzen permanenten Magnetismus; ein Stahlstab in derselben Gröfse wurde durch 21maliges stärkeres Werfen zur Erde von 71 bis 55,75 gebracht, bei den beiden letzten Würfen hat keine weitere Veränderung der Momente stattgefunden.

Die Magnetisirungen sowohl, als auch die Ablenkungen habe ich in derselben Art vorgenommen, wie solche

bei der früheren Arbeit¹⁾ ausführlich angegeben, bei allen in diesem Theile stattfindenden Bestimmungen habe ich noch die entgegengesetzten Magnetisirungen regelmäfsig wie nachstehend ausgeführt; der Stab wurde einmal im Sinne seiner ursprünglichen Pole magnetisirt, welche Magnetisirung die „positive“ sey, dann fand mit derselben magnetisirenden Stromes-Intensität die *negative* Magnetisirung statt, indem ich den Stab nun in entgegengesetzter Richtung in die Spirale brachte, wodurch die Pole des Magneten umgekehrt wurden; beide Richtungen sind durch die vorstehenden Zeichen + und — zu erkennen.

3) Die Ursache der Veränderung der magnetischen Coercitivkraft.

Die kleinen, hier vorangehenden Tabellen, gestatten schon einen Vergleich der magnetischen Coercitivkraft des brüchigen, reinen Eisens mit dem geglühten weichen; es ist wohl allgemein bekannt, daß das gewöhnliche weiche Eisen eine weit geringere Fähigkeit besitzt, den Magnetismus aufzubewahren, als das gehärtete, doch sind, so viel mir bis zu diesem Augenblicke bekannt ist, mit Eisen, welches auf elektrischem Wege erzeugt wäre, nähere Bestimmungen im Zustande verschiedener Härten desselben noch nicht gemacht worden. Hr. Jakoby²⁾ hat vorher das Eisen einer Art Cementation unterzogen und ohne weitere genaue Angaben gefunden, daß das Eisen im Zustande der grössten Härte nur geringe Coercitivkraft besaß; Hr. Beetz³⁾ hat die ausführlichsten und genauesten Bestimmungen des harten, spröden Eisens in Bezug auf seine Coercitivkraft gemacht, doch finde ich nirgend einen Versuch, der bei veränderten Molecularzuständen desselben Eisens vorgenommen wäre.

Die Erscheinungen des gewöhnlichen Schmiedeeisens

1) Pogg. Ann. Bd. 151, S. 70.

2) Pogg. Ann. Bd. 144, S. 348, 1873 und *Bull. de l'acad. de St. Pétersbourg T. VIII.*

3) Pogg. Ann. Bd. 111, S. 107.

und d
gen d
unterw
Kohle
ungeb
wie d
facher
Eisens
theilch
deren
welche
findet,
und d
um nu
Eisen
den G
Gewic
müßte
tischen
und d
stimm
Zusam
chen
Ich
rücksi
selben
Au
IIIa
coerci
eine v
jedesm
festges
dem C
habe
die St
lichen
erreich
1) Ch

und die des Stahles sind bei ihren Molecularveränderungen durch Glühen und Härten mehrfachen Bedingungen unterworfen, die Theile der darin befindlichen gebundenen Kohle erfahren eine andere Ausdehnung als die der freien, ungebundenen, und diese beiden wiederum nicht dieselben, wie die des darin vorhandenen reinen Eisens; viel einfacher gestaltet sich der Proceß in einem elektrolytischen Eisenstabe, das Glühen verändert die Lage der Eisenheilchen ohne eines erheblichen Einflusses der Kohle und deren Verbindungen zu bedürfen. Die Veränderung, welche durch das Glühen des elektrolytischen Eisens stattfindet, ist demnach nur eine Veränderung der Dichtigkeit und der damit verbundenen Textur desselben Metalles und um nun diese Gesamtmolecularveränderung beim reinen Eisen in Bezug auf seine Dichtigkeit mit einer hinreichenden Genauigkeit zu bestimmen, habe ich nur das specifische Gewicht für jeden *Molecularzustand* festzustellen, dann müßte das erhaltene specifische Gewicht des auf elektrolytischem Wege gewonnenen Eisens, bevor dasselbe geglüht, und dasjenige nachdem es geglüht war, vollkommen bestimmte Resultate über die moleculare Ausdehnung oder Zusammenziehung aller der Glühhitze unterworfenen Theilchen ergeben.

Ich habe hierbei die occludirten Gasvolumina nicht berücksichtigt, da es von R. Lenz ¹⁾ erwiesen war, daß dieselben beim Glühen entweichen.

Aus den drei angeführten Versuchsreihen Ia, IIa und IIIa erhielt ich erst einen Einblick in den Gang der coercitiven Veränderung dieser Stäbe; ich habe hierauf eine weitere Anzahl Stäbe untersucht und für dieselben jedesmal die specifischen Gewichte so der Reihe nach festgestellt, daß ich dieselben im Zustande vor, wie nach dem Glühen des Stabes genau anzugeben vermag, und habe dann die magnetischen Momente bestimmt, welche die Stäbe bis zu ihrem Maximo, sowohl in dem ursprünglichen wie in dem durch Glühen veränderten Zustande zu erreichen im Stande waren.

1) Chem. Centralbl. 1870, S. 188.

Folgende Tabellen enthalten die Werthe von vier galvanischen Eisenstäben und von drei ähnlich großen Stahlstäben; die Rubrik *A* enthält die Ablenkung des Magnetspiegels in Millimetern, die Rubrik *M* die magnetischen Momente ausgedrückt in Krafteinheiten nach Millimeter-Milligramm, während die Werthe unter *M_s* den specifischen Magnetismus angeben. Zur Bestimmung der Intensität der elektromotorischen Kraft, welche durch die Magnetisirungsspirale geleitet war, diente eine Tangenten-Boussole, die in dem Stromkreise eingeschaltet war. Die *positive* Magnetisirung bedeutet wieder diejenige, welche im Sinne des ursprünglichen Momentes stattgefunden, während ich die *negative* erhielt, so oft ich die Richtung des Stromes durch den im Stromkreise befindlichen Commutator umkehrte; es befanden sich dieselben Magnetisirungsspiralen, deren Dimensionen ich in dem vorangehenden Theile bereits angegeben, und das zu untersuchende Stäbchen bei allen folgenden Bestimmungen stets in einer und derselben Entfernung vom Galvanometerspiegel, die verschiedenen Stablängen mußten jedoch wegen der verschiedenen Stabmittelpunkte jedesmal in Rechnung gezogen werden.

No. 1. Galvanoplastischer Eisenstab.

Gewicht in der Luft: 7,584. Länge: 71^{mm}, Breite: 23^{mm},
berechnete Dicke: 0,71^{mm}.

1 Element, Intensität: 1106,06.

<i>A.</i>	<i>M.</i>	<i>M_s.</i>	
+ 82	+ 750321	+ 98,93	Spec. Gew. 6,525
— 48	— 439643	— 59,9	
+ 76	+ 695546	+ 91,71	
— 50	— 457559	— 60,33	
+ 72,25	+ 661076	+ 87,16	
— 50,25	— 459950	— 60,64	
+ 74,5	+ 681853	+ 89,91	
— 57	— 521542	— 68,77	
+ 75,25	+ 688700	+ 90,81	
— 63	— 576503	— 76,02	

<i>A.</i>	<i>M.</i>	<i>M_p</i>
+ 76	+ 695546	+ 91,71
— 64	— 576503	— 76,02
+ 78	+ 713726	+ 94,11
— 60,75	— 556012	— 73,31
+ 76,5	+ 700032	+ 92
— 59,25	— 542318	— 71,51

2 Elem., Intens.: 1243,79.

+ 79	+ 723434	+ 95,37
— 65,5	— 599404	— 79,04
+ 75,5	+ 690825	+ 91,09
— 70	— 640536	— 84,46
+ 78,75	+ 720573	+ 95,01
— 68,25	— 624481	— 82,34
+ 79	+ 723434	+ 95,37
— 68,25	— 624481	— 82,34

3 Elem., Intens.: 1284,57.

+ 80	+ 732142	+ 96,54
— 64	— 585761	— 77,23
+ 74	+ 677131	+ 89,23
— 64,5	— 590246	— 77,83
+ 73,25	+ 670284	+ 88,38
— 64,5	— 590246	— 77,83
+ 73,25	+ 670284	+ 88,38
— 64,5	— 590246	— 77,83

4 Elem., Intens.: 1345,74.

+ 84,5	+ 773423	+ 101,95
— 83,75	— 766376	— 101,05
+ 82,50	+ 755043	+ 99,55
— 78	— 713726	— 94,11
+ 82	+ 750321	+ 98,93
— 76,5	— 700032	— 92,30
+ 85,5	+ 755043	+ 99,55
— 77,25	— 706879	— 93,20

6 Elem., Intens.: 1447,69.

+ 88,25	+ 807693	+ 106,50
— 83,25	— 761891	— 100,46
+ 87	+ 796125	+ 104,96
— 84	— 768737	— 101,36
+ 87,25	+ 798486	+ 105,28
— 83,25	— 761891	— 100,46

9 Elem., Intens.: 1508,86.

A.	M.	M.
+ 88	+ 805332	+ 106,19
- 86,75	- 793764	- 104,17
+ 87,50	+ 801611	+ 105,56
- 87	- 796125	- 104,96
+ 87,75	+ 802971	+ 105,87
- 88,75	- 812179	- 107,09
+ 88,25	+ 807693	+ 106,50

12 Elem., Intens.: 1794,32.

+ 88,25	+ 807693	+ 106,50
---------	----------	----------

Derselbe Stab

geglüht und schnell abgekühlt.

1 Elem., Intens.: 1101,06.

+ 29,5	+ 269861	+ 35,18	Spec. Gew. 7,498
- 27	- 247195	- 32,32	
+ 29,25	+ 267736	+ 34,91	
- 27,50	- 251681	- 32,81	

2 Elem., Intens.: 1162,23.

+ 28	+ 256162	+ 33,40
- 28	- 256162	- 33,40

4 Elem., Intens.: 1284,57.

+ 37,75	+ 345412	+ 45,04
- 38	- 347773	- 45,34
+ 38,75	+ 345620	+ 46,24
- 38,50	- 352259	- 45,93

6 Elem., Intens.: 1345,74.

+ 40,25	+ 368314	+ 48,02
- 39,75	- 363828	- 47,44
+ 40	+ 365953	+ 47,71
- 40	- 365953	- 47,71
+ 39	+ 356981	+ 46,54
- 40	- 365953	- 47,71

Stahlstab No. 1.

Gewicht in der Luft: 11,712, Länge 71^{mm}, Breite 23^{mm},
berechnete Dicke 0,89.

2 Elem., Intens.: 1182,62.

A.	M.	M.	Spec. Gew. 8,015
+ 52,50	+ 480461	+ 41,02	
- 49,75	- 455198	- 38,86	
+ 45,75	+ 418603	+ 35,74	
- 39	- 356981	- 30,48	
+ 42,25	+ 386729	+ 33,02	
- 37,75	- 345412	- 29,49	
+ 42,75	+ 391215	+ 33,40	
- 36	- 329357	- 28,12	

4 Elem., Intens.: 1325,35.

+ 97,5	+ 892217	+ 76,18
- 95	- 869315	- 72,22
+ 100,25	+ 917479	+ 78,33
- 98,25	- 899064	- 76,76
+ 102	+ 933334	+ 79,70
- 99,75	- 912755	- 77,93
+ 103,50	+ 947225	+ 80,50
- 101	- 924326	- 78,92
+ 102,75	+ 940359	+ 80,29
- 100,5	- 919609	- 78,52
+ 103	+ 942506	+ 80,17
- 101,5	- 928812	- 79,30
+ 102	+ 933534	+ 79,70
- 99,25	- 908272	- 77,51
+ 103	+ 942506	+ 80,17
- 100	- 915118	- 78,13

6 Elem., Intens.: 1468,08.

+ 135	+ 1235513	+ 105,49
- 128,75	- 1178007	- 100,59
+ 131	+ 1198909	+ 102,36
- 129,25	- 1182854	- 100,99
+ 129	+ 1180375	+ 100,82
- 128,75	- 1178107	- 100,59
+ 128,75	+ 1178107	+ 100,59
- 128,25	- 1173647	- 100,21
+ 128,50	+ 1176007	+ 100,41

8 Elem., Intens.: 1651,19.

A.	M.	M.
+ 134,75	+ 1233143	+ 105,29
- 133,25	- 1219450	- 104,12
+ 135,50	+ 1239990	+ 105,87
- 141,75	- 1462146	- 102,03
+ 137,5	+ 1258170	+ 107,43
- 134	- 122296	- 104,70
+ 134,75	+ 1233143	+ 105,29
- 133,25	- 1219451	- 104,12
+ 135,50	+ 1239990	+ 105,87
- 134	- 1226296	- 104,70
+ 135,25	+ 1237629	+ 105,67
- 134,25	- 1228657	- 104,91

9 Elem., Intens.: 1671,98.

- 134,50	- 1230782	- 105,08
+ 135,75	+ 1242351	+ 106,07

Stahlstab No. 1

geglüht und schnell abgekühlt.

2 Elem., Intens.: 958,33.

+ 47,5	+ 434657	+ 39,34
- 41	- 375161	- 33,95
+ 42,50	+ 388854	+ 35,19
- 45	- 411756	- 37,26
+ 51,5	+ 476252	+ 42,65
- 52,5	- 480461	- 43,48
+ 60	+ 549165	+ 49,70
- 58,5	- 535235	- 48,44
+ 60,25	+ 551291	+ 49,89
- 58	- 530750	- 48,03

Spec. Gew.
7,960

4 Elem., Intens.: 1304,96.

+ 118	+ 1079915	+ 97,74
- 105,5	- 965407	- 87,37
+ 105,5	+ 965407	+ 87,37
- 104,5	- 956200	- 86,54
+ 102	+ 933534	+ 84,49
- 98,75	- 903550	- 81,77
+ 100,5	+ 919604	+ 83,23
- 99,25	- 908272	- 82,21
+ 100,76	+ 921965	+ 83,49
- 99	- 905911	- 81,99

6 Elem., Intens.: 1366,13.

A.	M.	M _n
+ 164,25	+ 1503004	+ 136,03
- 158,25	- 1447993	- 131,05
+ 159,25	+ 1457201	+ 131,88
- 153,25	- 1402429	- 126,93
+ 158	+ 1445868	+ 130,86
- 154	- 1409273	- 126,43
+ 153	+ 1445866	+ 130,86
- 153,50	- 1404787	- 127,14

8 Elem., Intens.: 1447,69.

+ 185	+ 1693297	+ 153,25
- 182	- 1665441	- 150,73
+ 187,5	+ 1765729	+ 155,29
- 184	- 1686183	- 152,61
+ 187,5	+ 1665441	+ 155,29
- 185	- 1693297	- 153,25

Galvanoplastischer Stab No. 2.

Gewicht in der Luft: 6,639. Länge 55^{mm}, Breite 23^{mm},
berechnete Dicke 0,52^{mm}.

2 Elem., Intens.: 1162,23.

+ 73,5	+ 652366	+ 98,26
- 61,25	- 534670	- 80,53
+ 72,5	+ 643435	+ 96,92
- 61	- 530311	- 79,87

Spec. Gew.
7,612

4 Elem., Intens.: 1386,52.

+ 81,50	+ 723350	+ 108,95
- 76,50	- 678927	- 102,26
+ 80,50	+ 714420	+ 107,61
- 78,75	- 698849	- 105,26
+ 81,50	+ 723350	+ 108,95
- 75,75	- 672287	+ 101,26

6 Elem., Intens.: 1406,91.

+ 83,25	+ 738921	+ 111,30
- 78,75	- 698849	- 105,26
+ 82,25	+ 729991	+ 109,95
- 78,50	- 696788	- 104,95
+ 82,25	+ 729991	+ 109,95
- 78,50	- 696788	- 104,95

8 Elem., Intens.: 1468,08.

A.	M.	M.
+ 85	+ 754491	+ 113,64
- 82,75	- 734341	- 110,61
+ 85	+ 754491	+ 113,64
- 82,75	- 734341	- 110,61
+ 85	+ 754491	+ 113,64

10 Elem., Intens.: 1753,54.

+ 85,25	+ 756552	+ 113,95
- 83,25	- 738921	- 111,30
+ 83,25	+ 738921	+ 111,30
- 83,75	- 743271	- 111,95
+ 84,75	+ 752201	+ 113,30
- 82,50	- 732781	- 110,30
+ 84,25	+ 747851	+ 112,64
- 82,75	- 734341	- 110,61
+ 84,25	+ 747851	+ 112,64

Galvanoplastischer Stab. No. 2

geglüht und schnell abgekühlt.

8 Elem., Intens.: 1366,13.

+ 47	+ 417202	+ 68,96	Spec. Gew. 7,809
- 46,45	- 414913	- 68,49	
+ 47	+ 417202	+ 68,96	
- 47	- 417202	- 68,96	

Stahlstab No. 2.Gewicht in der Luft 11,012. Länge 65^{mm}, Breite 23^{mm}, berechnete Dicke 0,92.

8 Elem., Intens.: 1529,25.

+ 82,5	+ 797992	+ 72,46	Spec. Gew. 8,039
--------	----------	---------	---------------------

Stahlstab No. 2

geglüht und rasch abgekühlt.

8 Elem., Intens.: 1529,25.

+ 114	+ 1104667	+ 101,14	Spec. Gew. 8,004
-------	-----------	----------	---------------------

Galvanoplastischer Stab No. 3.

Gewicht in der Luft 5,169. Länge 82,5^{mm}, Breite 15,75^{mm},
berechnete Dicke 0,52.

8 Elem., Intens.: 1508,86.

A.	M.	M.	Spec. Gew. 7,615
+ 119	+ 1151245	+ 222,71	
- 113,75	- 1102916	- 213,37	
+ 116,75	+ 1131933	+ 218,93	
- 113	- 1095662	- 211,97	
+ 116	+ 1124679	+ 217,57	

10 Elem., Intens.: 1733,15.

+ 120	+ 1163452	+ 225,08
- 118	- 1144065	- 221,32
+ 119,5	+ 1158200	+ 224,16
- 119,75	- 1161201	- 224,65
+ 119,5	+ 1158200	+ 224,16
- 118,65	- 1150445	- 222,56
+ 118,65	+ 1150445	+ 222,56
- 118,75	- 1151445	- 222,76

Galvanoplastischer Stab No. 3

geglüht und schnell abgekühlt:

10 Elem., Intens.: 1733,15.

+ 72	+ 698171	+ 149,69	Spec. Gew. 7,806
------	----------	----------	---------------------

Stahlstab No. 3.

Gewicht in der Luft 9,212. Länge 82,5^{mm}, Breite 15,75^{mm}
berechnete Dicke 0,89.

10 Elem., Intens.: 1733,15.

+ 202,25	+ 1961185	+ 212,89	Spec. Gew. 7,969
----------	-----------	----------	---------------------

Stahlstab No. 3

geglüht und schnell abgekühlt.

+ 336	+ 3257218	+ 363,5	Spec. Gew. 7,901
-------	-----------	---------	---------------------

Galvanoplastischer Stab No. 4.

Gewicht in der Luft 13,481. Länge 110^{mm}, Breite 21,5^{mm},
berechnete Dicke 0,76.

10 Elem., Intens.: 1794,62.

A.	M.	M.	Spec. Gew. 7,503
+ 244,75	+ 2712963	+ 201,24	

Galvanoplastischer Stab No. 4

geglüht und schnell abgekühlt.

+ 133	+ 1474252	+ 109,36	Spec. Gew. 7,641
-------	-----------	----------	---------------------

Vergleicht man die in vorstehenden Tabellen enthaltenen Werthe für geglühten und ungeglühten Stahl, dann für ungeglühtes und geglühtes elektrolytisches Eisen, so zeigen sämmtliche Werthe, daß mit der Zunahme der Dichtigkeit der Eisenstäbe die Momente abnehmen und daß durch Abnahme der Dichtigkeit der Stahlstäbe die Momente wachsen. In Folge dieses Verhältnisses habe ich in nachstehender Tabelle die *Quotienten aus der Dichtigkeit in das Maximum des specifischen Magnetismus, für beide verschiedene Molecularzustände* berechnet; das Maximum des specifischen Magnetismus habe ich mit M_s , das specifische Gewicht mit d bezeichnet, alsdann nahm ich als ersten Quotienten denjenigen an, welchen ich aus dem ursprünglichen Molecularzustand des galvanoplastischen Eisens, also bei geringerer Dichtigkeit erhielt, bezeichnete diesen $\frac{M_s}{d}$, während ich den zweiten durch $\frac{M_s}{d_1}$ ausdrückte, der aus dem *veränderten* Molecularzustand hervorging, bei welchem das grössere specifische Gewicht vorhanden war. Bei den Stahlstäben habe ich ebenfalls diese Ausdrücke gebildet, nur mit dem Unterschiede, daß hier der erste Quotient aus der geringeren Dichtigkeit in den specifischen Magnetismus, nicht der

ursprüngliche Zustand gewesen, sondern der durch Glühen erzeugte, und deshalb nahm ich als zweiten Quotient die Werthe aus dem Molecularzustande, bei welchem das größere specifische Gewicht vorhanden war, welches also stattfand, bevor der Stab geglüht wurde.

Ich möchte mir erlauben, jeden dieser Quotienten aus angeführtem Grunde das *magnetische Coercitivvermögen* zu nennen, und den Quotient aus beiden Coercitivvermögen:

$$\frac{\frac{M_s}{d}}{\frac{M_{s_1}}{d_1}} = \frac{M_s \cdot d_1}{M_{s_1} \cdot d}$$

mit *magnetischem Coercitivexponent* zu bezeichnen: letzterer giebt dann für jeden Stab diejenige Zahl an, um wie viel Mal größer das Coercitivvermögen bei der angegebenen geringeren Dichtigkeit, als bei der gefundenen größeren ist:

Bezeichnung des Stabes	Coercitivvermögen		Coercitivexponent
	$\frac{M_s}{d}$	$\frac{M_{s_1}}{d_1}$	$\frac{M_s \cdot d_1}{M_{s_1} \cdot d}$
Galvanopl. Stab			
No. 1	16,412	6,404	2,563
" 2	14,969	8,831	1,695
" 3	29,558	19,176	1,541
" 4	26,821	14,312	1,874
Stahlstab			
No. 1	19,521	13,978	1,397
" 2	12,636	9,013	1,402
" 3	46,006	26,715	1,722

Auf diese Art, auf welche ich die verschiedenen Stäbe glühte, konnte eine gleichmäßige übereinstimmende Dichtigkeitsveränderung aller Stäbe nicht stattfinden und außerdem wäre eine größere Gleichmäßigkeit in Gröfse, Schwere und Qualität der Stäbe erforderlich gewesen, um möglichst nahe übereinstimmende Werthe zu erhalten, auch hätte ich hierzu einen besonderen Glühapparat benutzen müssen,

über welchen ich erst in nächster Zeit werde verfügen können, dann werden genauere Bestimmungen der Werthe für Coercitivvermögen und Exponenten von mir gemacht werden.

Die in sämmtlichen vorangehenden Versuchsreihen zusammengestellten Werthe genügen um zu constatiren, daß durch die Veränderung des specifischen Gewichtes in den Eisen- wie in den Stahlstäben die Coercitivkraft sich bedeutend verändert. Die entgegengesetzten Resultate des reinen Eisens und des Stahles entsprechen gleichen Ursachen:

- 1) *Das galvanoplastisch gewonnene Eisen erhält durch Glühen ein größeres specifisches Gewicht: Die Molecüle haben sich enger aneinander geschlossen, die Zwischenräume, welche ihre Entfernungen von einander gebildet hatten, sind kleiner geworden und das permanente magnetische Moment hat sich fast um die Hälfte verringert.*
- 2) *Die Stahlstäbe haben durch Glühen und Härten ein kleineres specifisches Gewicht erhalten, die Molecüle haben sich, wenn das arithmetische Mittel aller Entfernungen aus den hauptsächlichsten Bestandtheilen hierdurch ausgedrückt wird, weiter von einander entfernt, die Zwischenräume ihrer Abstände sind im arithmetischen Mittel größer geworden und das magnetische Moment hat sich bedeutend vergrößert.*

Hr. Wiedemann¹⁾ hat durch seine ausführlichen Versuche: „über den Einfluß der Magnetisirung auf die Torsion“ gezeigt:

- 1) der permanente Magnetismus der Stahlstäbe nimmt durch ihre Torsion ab,
- 2) der temporäre Magnetismus wächst bei der Detorsion,
- 3) gedrillte Eisenstäbe detordiren sich bei der Magnetisirung.

Durch die hier gefundene Beziehung, daß die Veränderung der Dichtigkeit des Eisens eine Veränderung der magnetischen Kraft verursacht, werden die vorstehenden Sätze leicht erklärt:

1) Pogg. Annal. Bd. CVI und Wiedem. Galvanismus, Bd. II, S. 561.

1) die
Ver.
es n
größ

2) dur
entf
ab

3) es f
Mag
eine
näch
Tor
ursp
Det

Die hi
stimmen g
Gewichtes

Die U
des magne
falls, daß
temporäre
Werthe
Resultaten
die eine n
nachdem
durch eine
dene mag

Es ist
Härten ein
im ungehä
Fälle eine
teren, nu
mit vergl
bekannt.

1) Annal. o
2) Compt. r
3) Compt. r

- 1) die Torsion, wie solche Hr. Wiedemann bei seinen Versuchen stattfinden liefs, verdichtet den Eisenstab, es mufs demnach der Magnetismus in Folge der Vergrößerung des specifischen Gewichtes abnehmen;
- 2) durch Detorsion werden die Molecüle von einander entfernt, die Dichtigkeit des Eisens nimmt demnach ab und der Magnetismus wird deshalb wachsen;
- 3) es folgt aus diesen beiden Sätzen, dafs, wenn der Magnetismus bei gedrillten Eisenstäben zunehmen soll, eine Ausdehnung stattfinden müsse, die sich hier zunächst in einem Bestreben geltend macht, die durch Torsion in Spannung gehaltenen Eisentheilchen in ihre ursprünglichen Lagen zurückzuführen und somit die Detorsion zur Erscheinung zu bringen.

Die hier angeführten Wiedemann'schen Beziehungen stimmen genau überein mit dem Einflufs des specifischen Gewichtes des Eisens auf den Magnetismus.

Die Untersuchung von Matteucci¹⁾ „über die Beziehung des magnetischen Momentes zur Längsdehnung“ zeigt ebenfalls, dafs durch die Dehnung eines harten Eisenstabes sein temporäres, magnetisches Moment vermehrt wurde, und Wertheim²⁾ ist durch ähnliche Versuche zu denselben Resultaten gelangt. Leroux³⁾ hat an einer Sorte Eisen, die eine muschelige Schichtung besafs, bewiesen, dafs, je nachdem die Plättchen vertikal oder horizontal hingen, die durch einen Magnet darauf wirkende Kraft auch verschiedene magnetische Momente hervorrief.

Es ist auch allgemein bekannt, dafs der Stahl durch Härten ein geringeres specifisches Gewicht erhält, als er im ungehärteten Zustande hatte, und dafs er im ersteren Falle eine viel gröfsere Coercitivkraft besitzt als im letzteren, nur sind an reinem Eisen Structurveränderungen mit vergleichenden Tabellen ihrer Coercitivkräfte mir unbekannt. Aus den hier erhaltenen Werthen darf man des-

1) *Annal. de chim. et de phys. T. I. III.*

2) *Compt. rend. T. XXXV.*

3) *Compt. rend. T. XLV, 1857, p. 477.*

halb jetzt schon annehmen, *dafs die magnetische Coercitivkraft überhaupt eine Function der von den Molekülen gebildeten Zwischenräume ist und von der Gröfse dieser Zwischenräume abhängig sey.*

Die hier mitgetheilten Versuchsreihen veranlassen mich, noch auf die Verschiedenheit dieser und der von Hrn. Beetz erhaltenen Resultate aufmerksam zu machen; meine Tabellen zeigen zu verschiedenen Malen bei negativer und positiver Magnetisirung einige gleich grofse Momente, sogar einige gröfsere negative Momente im Maximo, als positive: *galvanischer Stab No. 1* erreicht bei 9 Elem. Int. 1794,32 den specif. Magnetismus — 107,09 + 106,50, derselbe Stab gegläht, zeigt durch Magnetisirung mit 6 Elem. Int. 1345,74: + 46,54 und — 47,71. *Stahlstab No. 1* zeigt bei einer elektromotorischen Kraft von 6 Elem., deren Int. 1468,08 war, die spec. Magnetismen: — 100,99 + 100,82 — 100,59 + 100,59 — 100,21 + 100,41. Derselbe Stab gegläht, bei 4 Elem. Intens. 1306,96: + 97,74 — 87,37 + 87,37 — 86,54 + 84,49; galvan. Stab No. 2 erhält bei 10 Elem. Intens.: 1753,54 — 111,30 + 111,30 — 111,95. Derselbe Stab gegläht bei 8 Elem. Int. 1366,13: + 68,96 — 68,49 + 68,96 — 68,96; galv. Stab No. 3 bei 10 Elem. Intens.: 1733,15 + 224,16 — 224,65 + 224,16 — 222,56 + 222,56 — 222,76; die diesen Resultaten vorausgehenden kleineren Versuchsreihen der drei galv. Stäbe Ia. IIa. IIIa. enthalten die Maxima:

Ia.: + 87	— 87,2,	gegläht: + 46,75	— 47,
IIa.: + 86,50	— 87,60,	„ + 43,75	— 43,50,
IIIa.: + 61	— 61,75,	„ + 29,75	— 29,75.

Diese Resultate weichen von den, welche Hr. Beetz¹⁾ erhalten, fast überall in der Hauptsache ab; ein grofser Theil meiner Versuchsreihen zeigt, dafs die negativen Maxima theils ebenso grofs und theils gröfser als die positiven waren, und dürfe deshalb nicht allgemein angenommen werden,

1) Pogg. Annal. Bd. CXI, S. 118.

Die l
Hrn. Be
schieden
ganz ver
hat aufse
Einflusse
was bei

Diese

Die v
Gegensta
zu bitter
sten Arb

V. Ocular

Le

Bei der
nungen
Messung
bündel m
versehene
nur wen
Verengun
vergröfser

„dafs bei elektrolytischen Magneten die negativen Werthe stets unter den positiven bleiben, selbst wenn die stärksten Ströme auf sie einwirken, Ströme, welche Stahlstäbe von gleichen Dimensionen längst bis zur Sättigung magnetisirt haben würden.“

Die Ursache der Verschiedenheit dieser Resultate des Hrn. Beetz und der meinigen, dürfe wohl in der verschiedenartigen Herstellung der Platten liegen, die aus ganz verschiedenen Flüssigkeiten erzeugt waren, und dann hat ausserdem Hr. Beetz seine Stäbe noch unter dem Einflusse eines kräftigen Magnetismus niederschlagen lassen, was bei meinen Eisenreductionen nicht stattfand.

Diese Untersuchung hat demnach ergeben:

„dafs die magnetische Coercitivkraft der untersuchten Stahlsorten sowohl als der elektrolytischen Magnete direct von der Entfernung der Moleküle abhängig ist.

Die vielen wichtigen Fragen, welche sich bei diesem Gegenstande aufdrängen, veranlassen mich um Verzeihung zu bitten, dafs ich einige derselben erst bei meiner nächsten Arbeit zu berühren beabsichtige.

V. Ueber Winkelmessungen mittelst des Ocularmikrometers im astronomischen Fernrohr; von Dr. Matern,

Lehrer an der Realschule des Johanneums in Hamburg.

Bei der Beobachtung von Beugungsinterferenzerscheinungen an Spalten und Gittern wird gewöhnlich zur Messung derjenigen Winkel, welche die gebeugten Strahlbündel mit dem ungebeugten bilden, ein mit Fadenkreuz versehenes Fernrohr am Theilkreise benutzt. Die oft nur wenige Minuten betragenden Winkel können durch Verengung der Spalten nur auf Kosten der Lichtintensität vergrößert werden. Selbst wenn man nur die genaue

Angabe der Minuten zu erzielen wünscht, bedarf es eines sorgfältig gearbeiteten und darum kostspieligen Theilkreises.

Ich versuchte zuerst bei den genannten Erscheinungen den Theilkreis durch das Ocularglasmikrometer zu ersetzen und es ergab sich eine in Rücksicht auf die Einfachheit der angewandten Mittel ganz überraschende Genauigkeit der Messung kleiner Winkel.

Benutzt wurde nur ein Rathenower achromatisches Fernrohr (6 Thlr.), dessen Objectiv eine Brennweite von $f = 340^{\text{mm}}$ hat. Das terrestrische Ocular desselben wurde durch das Campanische Mikroskopocular No. 3 von Hartnack ($2\frac{2}{3}$ Thlr.) ersetzt und in dasselbe ein Ocularmikrometer gelegt, auf welchem 5 Millimeter in 50 Intervalle getheilt sind (1 Thlr.). Mit diesen geringen Hilfsmitteln können, wie ich mich durch Theorie und Versuche überzeugt habe, Winkel im Betrage bis $1\frac{1}{4}^{\circ}$ mit einem möglichen Fehler von höchstens 8 Sekunden gemessen werden.

Das Verfahren beruht auf folgender Betrachtung. Von einem senkrecht zur Sehaxe stehenden Millimetermaassstabe erscheint eine M^{mm} große Strecke in einer Entfernung von D^{mm} dem unbewaffneten Auge unter einem Sehwinkel $\varphi = \frac{M}{D}$ in part. radii oder $\varphi = \frac{648000 M}{\pi D}$ Sekunden, wenn der Winkel klein genug ist, um ihn statt seiner Sinusfunction zu setzen.

Wird dann das Fernrohr auf den um D^{mm} vom ersten Hauptpunkt des Objectivs entfernten Maassstab eingestellt, so befindet sich das durch Objectiv- und Collectivlinse erzeugte reelle Bild desselben in der Ebene der Mikrometertheilung. Beides wird zugleich durch die Ocularlinse als Lupe betrachtet. Findet es sich nun, daß das Bild jener M^{mm} grade ein Mikrometerintervall bedeckt, so kann umgekehrt gefolgert werden, daß jedes um D vom Beobachtungsfernrohr entfernte Object, dessen Bild einem Mikrometerintervall äquivalent ist, die GröÙe M hat und dem unbewaffneten Auge in gleicher Entfernung unter einem Sehwinkel

erscheint
eines M

Ist d
so kann
Entfernu
plication
Bild des
falls das
nicht üb

Um z

zu prüfen
ein Fehle
ergiebt si

folgt. Is
der mit
bei der B
absolut g
lassen sic

Ist fer
aus der B
Division
ergiebt si

Auch
für M . D
noch siche
nur etwa

$$\varphi = \frac{M}{D}$$

erscheinen muß. Diese GröÙe mag der Winkelwerth eines Mikrometerintervalls für die Entfernung D heißen.

Ist diese Constante durch genaue Messung bestimmt, so kann man den Gesichtswinkel eines jeden in gleicher Entfernung befindlichen Objectes durch bloÙe Multiplication der Constanten mit der Anzahl der durch das Bild des Objectes bedeckten Mikrometerintervalle finden, falls das Object überhaupt nur so groß ist, daß sein Bild nicht über die Grenzen der Mikrometertheilung hinausgeht.

Um zunächst den Genauigkeitsgrad der Formel

$$\varphi = \frac{M}{D}$$

zu prüfen, nehmen wir an, es sey in der Messung von D ein Fehler dD begangen worden. Durch Differentiation

ergiebt sich $d\varphi = -\frac{M}{D^2} dD$, woraus das Verhältniß

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = -\frac{dD}{D}$$

folgt. Ist demnach das Verhältniß des Fehlers dD zu der mit ihm behafteten GröÙe D etwa $\frac{1}{1000}$, so ist der bei der Berechnung von φ sich dadurch einstellende Fehler absolut genommen nur eben so groß. Distanzfehler aber lassen sich sehr leicht unter diesem Betrage halten.

Ist ferner der abgelesene Mikrometerwerth M , den man aus der Beobachtung der ganzen Mikrometertheilung durch Division mit 50 findet, um die GröÙe dM fehlerhaft, so ergiebt sich die Differentialgleichung

$$d\varphi = \frac{dM}{D} \quad \text{oder}$$

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = \frac{dM}{M}$$

Auch dieses Fehlerverhältniß für φ ist dasselbe wie für M . Da aber die Zehntel der Mikrometerintervalle sich noch sicher abschätzen lassen, kann auch hier der Fehler nur etwa die Hälfte von $\frac{1}{500}$ betragen.

Bei dem genannten Apparat zeigte es sich für $D=3117^{\text{mm}}$, daß genau 60^{mm} auf den 50 Intervallen des Mikrometers lagen; also ist $M=1,200$, mithin

$$\varphi = \frac{1,2}{3117} = 0,000385 = 79'',4,$$

wobei der Fehler im ungünstigsten Falle, wenn nämlich beide Fehler in demselben Sinne wirken, nach einer einzigen Beobachtung nur $\frac{1}{500}$ oder $0'',16$ für ein Intervall, für den größten mittels der ganzen Mikrometertheilung meßbaren Winkel von $1^{\circ} 6'$ höchstens 8 Secunden beträgt.

Durch eine weitere Betrachtung läßt es sich zeigen, daß die genaue Ermittlung der Größe φ für eine bestimmte Entfernung D den Winkelwerth für jede andere Entfernung d des Objectes zu berechnen gestattet.

Ist für diesen Fall δ die Entfernung des vom Objectiv erzeugten reellen Bildes vom 2. Hauptpunkte des Objectivs und f die Brennweite des letzteren, so ist

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{\delta} = \frac{1}{f}$$

also

$$\delta = \frac{d \cdot f}{d - f}.$$

Ist l die Entfernung des 1. Hauptpunktes der Collectivlinse vom 2. des Objectivs, α die Entfernung der Mikrometertheilung vom 2. Hauptpunkte der Collectivlinse, f_1 die Brennweite der letzteren, so ist

$$\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\delta - l} = \frac{1}{f_1}$$

also

$$\delta - l = \frac{\alpha \cdot f_1}{f_1 - \alpha}.$$

Durch Subtraction dieses Resultates vom vorigen ergibt sich die Gleichung

$$l = \frac{d \cdot f}{d - f} - \frac{\alpha \cdot f_1}{f_1 - \alpha}.$$

Nehmen wir an, daß von dem in der Entfernung d befindlichen Objecte ein Strahl unter einer Neigung φ gegen die optische Axe nach dem ersten Hauptpunkt

des Ob-
seiner u
und von
fernung
optische
er das C
Axe ent

Wird hi
ergiebt

Durch I
Relation
Umform

Hier
und der
terer lä
Genauig
für eine
 Φ derjer
entspric

Durch I
lectivlin

Führ
die Anz
fallender

des Objectivs ziele, vom 2. Hauptpunkte aus parallel seiner ursprünglichen Richtung auf die Collectivlinse falle und von dieser so gebrochen werde, daß er in einer Entfernung x vom 2. Hauptpunkte der Collectivlinse die optische Axe schneide. Auf dem letzteren Wege treffe er das Ocularmikrometer in einem um g von der optischen Axe entfernten Punkte. Dann ist

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f_i}$$

$$x : x - \alpha = l . tg \varphi : g .$$

Wird hieraus x eliminirt und $tg \varphi$ durch φ ersetzt, so ergibt sich

$$\varphi = \frac{f_i \cdot g}{l(f_i - \alpha) + \alpha \cdot f_i}$$

Durch Elimination von l mittels der oben angegebenen Relation gewinnt die Formel nach einigen algebraischen Umformungen die Gestalt

$$\varphi = \frac{f_i \cdot g \cdot (d - f)}{d \cdot f \cdot (f_i - \alpha)} .$$

Hierin ist noch die Brennweite f_i der Collectivlinse und der Abstand α der Mikrometerebene enthalten. Letzterer läßt sich jedenfalls am schwersten mit hinreichender Genauigkeit messen. Es wird also gut seyn, die Formel für eine gemessene Entfernung D zu specialisiren. Es sey Φ derjenige Winkel, welcher demselben Mikrometerwerth g entspricht. Man erhält so

$$\Phi = \frac{f_i \cdot g \cdot (D - f)}{D \cdot f \cdot (f_i - \alpha)}$$

Durch Division beider Formeln werden alle auf die Collectivlinse bezüglichen Elemente entfernt und es wird

$$\varphi = \frac{D}{d} \cdot \frac{d - f}{D - f} \Phi .$$

Führen wir für Φ den Ausdruck $\frac{M}{D}$ ein, in welchem M die Anzahl der auf ein Mikrometerintervall bei der Messung fallenden Millimeter bedeutet, so ist schließlic

$$\varphi = \frac{M}{D - f} \cdot \left(1 - \frac{f}{d}\right) .$$

Diese Formel gestattet mittels sehr einfacher Rechnung den mikrometrischen Winkelwerth eines Intervalls für eine beliebige Entfernung d zu finden, wenn die Brennweite f des Objectivs und die Resultate M und D einer bestimmten Messung bekannt sind. Für $d = D$ geht sie erklärlicherweise in $\varphi = \frac{M}{D}$ über. Für unendliche Entfernung $d = \infty$ ist

$$\varphi_{\infty} = \frac{M}{D-f}.$$

Dieser letzte Ausdruck muß eine Constante seyn und kann deshalb zu einer Controle für die Genauigkeit einer Reihe von Beobachtungen

$$M_1 D_1 \cdot M_2 D_2 \cdot M_3 D_3 \dots$$

benutzt werden. Durch zwei Beobachtungen ließe sich also auch die Brennweite der Objectivlinse ermitteln, da

$$\frac{M}{D-f} = \frac{M_1}{D_1-f}$$

seyn muß, woraus die Brennweite

$$f = \frac{MD_1 - M_1 D}{D - D_1}$$

und auch die Gleichung

$$\varphi_{\infty} = \frac{M - M_1}{D - D_1}$$

folgt. Es wird sich indess durch Berücksichtigung des Einflusses der möglichen Beobachtungsfehler herausstellen, daß f hiernach nicht mit genügender Genauigkeit gefunden werden kann.

Um die für φ gegebene Formel praktisch anzuwenden, ist es nöthig die Constante $\varphi_{\infty} = \frac{M}{D-f}$ durch eine Reihe möglichst guter Beobachtungen als arithmetisches Mittel zu berechnen. Darauf ist die Aufgabe zu lösen, den Einfluß zu ermitteln, welchen etwaige Fehler dieser Constanten und der Brennweite f sowie der Entfernung d auf die Größe von φ haben können.

Durch Differentiation der Formel in Bezug auf D findet sich

$$\frac{d\varphi}{dD} = -\frac{M}{(D-f)^2} \cdot \left(1 - \frac{f}{d}\right)$$

und hieraus

Is
das d
von L
Größe
gleich
Einhei
daß e
zu kle
Fehler

Beide
Dif

woraus

ableiten
größer
seyn, v
Brennw
Vergröß
werth,
basirt i
ist der
zu klein
Zug
gegeben
seyn mu
ein, we
ist, also
Poggend

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = - \frac{D}{D-f} \cdot \frac{dD}{D}.$$

Ist demnach D um dD fehlerhaft gemessen, so ist das daraus für φ erwachsende Fehlerverhältniß demjenigen von D absolut genommen nahezu gleich, weil bei der GröÙe der gemessenen Beobachtungsdistanzen D im Vergleich mit der Brennweite f der Quotient $\frac{D}{D-f}$ von der Einheit nur wenig abweicht. Das Vorzeichen läßt erkennen, daß ein unrichtigerweise zu groß angenommenes D ein zu kleines φ ergibt. Ist bei der Ablesung von M ein Fehler dM begangen, so liefert die Differentiation

$$\frac{d\varphi}{dM} = \frac{1}{D-f} \left(1 - \frac{f}{d}\right), \text{ also}$$

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = \frac{dM}{M}.$$

Beide Fehlerverhältnisse sind also genau gleich.

Differentiiren wir die Gleichung in Bezug auf f , so wird

$$\frac{d\varphi}{df} = \frac{M(d-D)}{d(D-f)^2}$$

woraus sich mittels einfacher Umformung

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = f \cdot \left(\frac{1}{D-f} - \frac{1}{d-f} \right) \frac{df}{f}$$

ableiten läßt. Da nun D und d selbstverständlich immer größer als f sind, so wird der Klammerwerth positiv seyn, wenn $d > D$. Eine etwas zu groß angenommene Brennweite ergibt für diesen Fall auch eine fehlerhafte Vergrößerung von φ . Für $d = D$ verschwindet der Klammerwerth, d. h. für die Entfernung, auf welche die Messung basirt ist, ist die Brennweite ganz irrelevant. Für $d < D$ ist der Klammerwerth negativ, also der berechnete Werth φ zu klein, wenn f zu groß angenommen wurde.

Zugleich läßt die Formel erkennen, daß bei einem gegebenen Fehlerverhältniß $\frac{df}{f}$ dasjenige von φ viel geringer seyn muß. Fürs erste tritt das Maximum dieses Fehlers ein, wenn der Subtrahend des Klammerwerthes $\frac{1}{d-f} = 0$ ist, also für $d = \infty$. Für diesen Fall ist aber

$$\left(\frac{dq}{q}\right)_{\infty} = \frac{f}{D-f} \frac{df}{f}.$$

Wegen der bedeutenden Gröfse von D im Vergleich mit f ist der Quotient $\frac{f}{D-f}$ immer ein kleiner echter Bruch, mit dem das Fehlerverhältnifs $\frac{df}{f}$ multiplicirt wird. Ein bei der Messung von f begangener Fehler ist also für das Resultat ohne Belang. Umgekehrt aber wird ein sonst begangener Fehler von grossem Einflufs seyn, wenn etwa aus derartigen Beobachtungen die Brennweite selbst bestimmt werden soll. Denn in den leicht abzuleitenden Gleichungen

$$\frac{df}{f} = \frac{(D-f)(d-f)}{f(d-D)} \frac{dq}{q}$$

$$\frac{df}{f} = -\frac{D(d-f)}{f(d-D)} \frac{dD}{D}$$

$$\frac{df}{f} = \frac{(D-f)(d-f)}{f(d-D)} \frac{dM}{M}$$

sind die rechts angegebenen Fehlerverhältnisse mit grossen Factoren multiplicirt. Mögen sie selbst also auch sehr klein seyn, so wird f doch nicht mit einer durch andere Methoden erreichbaren Genauigkeit zu ermitteln seyn, wenigstens nicht durch eine einzige Beobachtung. Nach alledem ist die Einwirkung einer Unrichtigkeit von f ohne wesentlichen Belang für die Bestimmung der Constanten q . Die Fehler der anderen Gröfsen D und M können durch Anstellung einer Reihe von guten Beobachtungen bis zur Einflufslosigkeit vermindert werden.

Es ist also von den in der Formel enthaltenen Gröfsen nur noch die Beobachtungsdistanz d zu berücksichtigen. Man erhält

$$\frac{dq}{dd} = \frac{M}{D-f} \frac{f}{d^2}$$

$$\frac{dq}{q} = \frac{f}{d-f} \frac{dd}{d}.$$

Wegen der Kleinheit des Quotienten $\frac{f}{d-f}$ kann also auch der Einflufs eines in d liegenden Fehlers als unerheblich angesehen werden.

Nach
müßte
Genauig
seyn. I
nicht i
aussetz
der Mi
liegen.
erfüllba
dabei z
Fehlerq
dafs da
Bild de
Object
jectbild
Differen
metersc
beide g
sind du
übten I
halb de
und der
Es
controli
am Mik
Eine
Gröfse
2. Hau
von α
das Au
Abstand
der Oc
mit h
punktes

Nach den bisherigen theoretischen Betrachtungen müßte man also zur Annahme einer ganz ungewöhnlichen Genauigkeit der Messungen nach dieser Methode berechtigt seyn. Die Erfahrung bestätigt diese Erwartung allerdings nicht in so hohem Grade. Die Ursache ist in der Voraussetzung zu suchen, daß das Bild des Maafsstabes mit der Mikrometertheilung in einer und derselben Ebene liegen. Diese Voraussetzung ist nicht in aller Strenge erfüllbar, weil die Accommodationsfähigkeit des Auges dabei zur Geltung kommt. Hieraus entsteht eine neue Fehlerquelle. Ist das Mikrometer im Ocular so placirt, daß das Auge durch die Ocularlinse ein scharfes virtuelles Bild der Theilung empfängt und ist das Fernrohr auf das Object etwas weniger scharf eingestellt, so liegt das Objectbild etwas vor der Mikrometerebene. Beträchtliche Differenzen in der Lage des Objectbildes und der Mikrometerscala erkennt der Beobachter aus der Unmöglichkeit, beide gleichzeitig deutlich zu sehen. Geringe Unterschiede sind durch einen eigenthümlichen auf das Auge ausgeübten Reiz fühlbar. Aber es giebt auch Grenzen, innerhalb derer ein Wechsel der Accommodation momentan und dem Beobachter selbst unmerklich sich vollzieht.

Es wird darauf ankommen, diesen Einfluß genauer zu controliren, der übrigens bei mikrometrischen Messungen am Mikroskope in ganz derselben Weise sich äußert.

Eine Aenderung von q wird durch eine solche der Gröfse α , des Abstandes der Mikrometertheilung vom 2. Hauptpunkte der Collectivlinse, bedingt; die Gröfse von α hängt wieder von der Sehweite σ ab, für welche das Auge accommodirt ist. Bezeichnen wir mit β den Abstand des 2. Hauptpunktes der Collectivlinse vom 1. der Ocularlinse, mit f_2 die Brennweite der letzteren und mit h die Entfernung des Auges (oder seines 1. Hauptpunktes) vom 2. Hauptpunkte der Ocularlinse, so ist

$$\frac{1}{\beta - \alpha} - \frac{1}{\sigma - h} = \frac{1}{f_2}.$$

Hieraus ergibt sich

$$\alpha = \beta - \frac{(\sigma - h)f_2}{\sigma - h + f_2}$$

und durch Differentiation von α in Bezug auf σ

$$d\alpha = - \left(\frac{f_2}{\sigma - h + f_2} \right)^2 d\sigma.$$

Aus der Gleichung

$$\varphi = \frac{f_1 g}{d \cdot f} \cdot \frac{d - f}{f_1 - \alpha}$$

folgt

$$\alpha = f_1 - \frac{f_1 \cdot g (d - f)}{d \cdot f \cdot \varphi}.$$

Die Differentiation von α nach φ ergibt

$$d\alpha = \frac{f_1 g (d - f)}{d \cdot f \cdot \varphi^2} d\varphi$$

oder wenn $\frac{d\varphi}{d-f}$ durch $\frac{M}{D-f}$ ersetzt wird,

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = \frac{M}{D-f} \cdot \frac{f}{f_1 \cdot g} d\alpha.$$

Die GröÙe von $d\sigma$, also das Intervall, innerhalb dessen die Sehweite ohne merklichkeit der Accommodation schwankt, festzustellen, ist eine rein subjective Aufgabe, die jeder Beobachter an sich selbst lösen muß und auch nur annäherungsweise lösen kann. Ich möchte außer Versuchen an schärferer oder weniger scharfer Einstellung des Fernrohres noch folgendes Verfahren dafür vorschlagen. Bringt man zwei nicht zu zarte gleichartige mikroskopische Präparate mit scharf markirten Umrissen in die Sehlinie, das eine in die deutliche Sehweite, das andere etwas vor ersterem, so läßt sich durch Versuche ungefähr finden, wie weit beide von einander entfernt werden können, während doch noch beide gleichzeitig leicht und deutlich gesehen werden.

Auf solche Weise habe ich an mir gefunden, daß bei einer Sehweite von 30^{cm} die Accommodation schon für Unterschiede von 1¹/₄^{cm} fühlbar wird. Die Berücksichtigung des Augenabstandes h ist für solche annähernde Rechnung unnöthig. Wird $d\sigma = 12,5$, $\sigma = 300$, $f_2 = 24,0$

wie be
sich d

$f_1 = 4$

Da
achtung
mäÙsig
gleiche
etwas
Schärf
die von
Millime
kleiner
würde.

Um
bringen
die Mi
zugewe
der de
tung v
gezoge
Entfern
unter
langsam
jectes
Mikron
eine El
linse g
mehrere
parat g
noch e
mung

Die
wenig
immer
einen M

wie beim Ocular No. 3 von Hartnack gesetzt, so zeigt sich $d\alpha = -0,07^{\text{mm}}$; da $g = 0,1^{\text{mm}}$, $\frac{M}{D-f} = 0,00043$, $f = 340$, $f_1 = 43,4$, ist $\frac{d\varphi}{\varphi} = -0,0023$.

Dasselbe Resultat fand ich an mehreren Fernrohrbeobachtungen. War die Ocularlinse auf das Mikrometer mäßig scharf, das Fernrohr auf den Maafsstab in etwa gleicher Schärfe eingestellt und wurde dann das Ocular etwas weiter eingeschoben, bis der Unterschied in der Schärfe beider Bilder sich bemerklich machte, so nahm die vorher auf der ganzen Mikrometertheilung befindliche Millimeteranzahl einen etwa um $\frac{1}{10}$ Mikrometerintervall kleineren Raum ein, woraus sich $\frac{d\varphi}{\varphi} = -\frac{1}{500}$ ergeben würde.

Um den Fehler noch möglichst unter diese Grenze zu bringen, stelle ich die Ocularlinse nur mäßig scharf auf die Mikrometertheilung, die natürlich der Collectivlinse zugewendet seyn muß, ein, wie es etwa dem Maximum der deutlichen Sehweite entspricht. Bei jeder Beobachtung wird dann das Ocular noch etwas weiter herausgezogen als nöthig ist. Hat sich das Auge nun für die Entfernung der Mikrometertheilung accommodirt, so wird unter beständigem Fixiren des Mikrometers das Ocular langsam in den Tubus geschoben, bis das Bild des Objectes endlich mit eben solcher Schärfe erscheint, wie die Mikrometerstriche. Es empfiehlt sich darum jedenfalls eine Einrichtung zu treffen, um die Stellung der Ocularlinse gegen das Mikrometer zu ändern, namentlich wenn mehrere Beobachter mit verschiedenen Sehweiten den Apparat gebrauchen sollen. Es dürfte hier am Orte seyn, noch einige andere Vorsichtsmaafsregeln bei der Bestimmung der Constanten des Apparates zu erwähnen.

Die Lage der Hauptpunkte des Objectivs kann nur wenig in Betracht kommen. Der erste Hauptpunkt liegt immer der Vorderfläche der Crownglaslinse nahe, vielleicht einen Millimeter vor oder hinter ihr, je nachdem die Flint-

glaslinse concav-plan oder concav-convex ist. Von dem ersten Hauptpunkte an werden aber immer nur große Entfernungen gemessen, so daß der Fehler nur sehr gering ist, wenn von der Vorderfläche an gerechnet wird. Die Lage des zweiten Hauptpunktes, welche größeren Schwankungen unterliegt, kann bei der Bestimmung der Brennweite, welche von ihm aus gemessen werden muß, in Betracht kommen. Man kann indeß bei dieser Aufgabe das Objectiv umlegen und von der Crownglaslinse, an deren Hinterfläche dann der betreffende Hauptpunkt liegt, messen, besonders da ein etwaiger Fehler der Brennweite, wie oben sich ergeben hatte, wenig ins Gewicht fällt. Die Brennweite wird direct gemessen, indem das Fernrohr auf einen sehr entfernten hellen Gegenstand gerichtet und nach Wegnahme des Oculars so weit ausgezogen wird, bis auf einer an das hintere Ende gedrückten matten Glasplatte ein deutliches Bild entsteht. Ist ein terrestrisches Ocular zur Verfügung, so kann das Fernrohr mit diesem auf große Entfernung eingestellt und von der ganzen Länge dasjenige Stück abgerechnet werden, um welches die Focalebene des Oculars, die zugleich Focalebene des Objectivs ist, vom hinteren Ende des Tubus entfernt ist.

Wird ein ursprünglich terrestrisches Fernrohr benutzt, so ist die Objectivöffnung meist zu beschränken, weil der chromatische Zustand des Campanischen Oculars es nicht verträgt, daß die vom Objectiv herkommenden Lichtkegel, welche einen Objectpunkt abbilden, eine zu große Oeffnung besitzen. In diesem Falle muß noch als sehr wesentlich erwähnt werden, daß jede Reflexion an den Metallflächen durch geeignete Blenden zu beseitigen ist, da man immer zu schärferer Einstellung geneigt ist, wenn die Bilder nicht deutlich genug sind. Aus diesem Grunde wird auch am zweckmäßigsten ein heller Holzmaafsstab mit feiner dunkler Theilung benutzt (Länge etwa 3 Decimeter in ganze oder halbe Millimeter getheilt). Besondere Sorgfalt erfordert es, den Maafsstab immer senkrecht zur

optisc
bestin
halte
die n
Das
erfor
des M
stellig
theilh
daß
ganze
leicht
Mikr
S
f =
entst

E
eine
cons
I
also

optischen Axe zu stellen. Um die für die Constantenbestimmung nöthigen Distanzmessungen genau auszuführen, halte ich eine hölzerne Fallrinne von 3 bis 4 Meter Länge, die in Centimeter eingetheilt ist, für recht verwendbar. Das Fernrohr hat dann eine feste Auflage, jede Messung erfordert nur eine Ablesung und die senkrechte Stellung des Maafsstabes zur optischen Axe ist leicht zu bewerkstelligen. Bei der Anstellung von Messungen ist es vortheilhaft, die Distanzen immer um soviel zu vergrößern, daß stets eine ganze Anzahl von Millimetern auf der ganzen Mikrometertheilung erscheinen, um so die doch leicht zu Fehlern führende Abschätzung der Zehntel von Mikrometerintervallen zu vermeiden.

So ist z. B. für das Fernrohr, dessen Objectiv $f = 340^{\text{mm}}$ Brennweite hat, folgende Beobachtungsreihe entstanden:

D	M
1960 ^{mm}	35 ^{mm} : 50 = 0,700
2191	40 : 50 = 0,800
2423	45 : 50 = 0,900
2654	50 : 50 = 1,000
2885	55 : 50 = 1,100
3117	60 : 50 = 1,200
3349	65 : 50 = 1,300
3580	70 : 50 = 1,400
3812	75 : 50 = 1,500
4043	80 : 50 = 1,600

Es ergibt sich für die Richtigkeit der Beobachtungen eine doppelte Controle, weil

$$\frac{M}{D-f} = \frac{M-M_1}{D-D_1} = \varphi_{\infty}$$

constant seyn muß.

Für das gewählte Beispiel ist

$$\varphi_{\infty} = 0,0004321 = 89'',12,$$

also für eine Entfernung d der Mikrometerwerth

$$\varphi = 89'',12 \cdot \left(1 - \frac{340}{d}\right).$$

Es ist klar, daß nach dieser Methode Winkel nur bis zu einer gewissen GröÙe gemessen werden können, wenn nicht etwa ein Additionsverfahren anwendbar ist. Diese MaximalgröÙe hängt ganz vornehmlich von der Ausdehnung des Mikrometers und von der Brennweite des Objectivs ab. Die Mikrometertheilung könnte sich wohl auch auf 10 Millimeter hin erstrecken, ohne daß die sphärische und chromatische Aberration des Oculars sich bemerklich machte, vielleicht aber wird dann die Krümmung des Gesichtsfeldes die äußersten Theilstriche des Mikrometers nicht so deutlich erscheinen lassen, wie die inneren. Je kürzer die Brennweite des Objectivs ist, um so größer ist der Winkelwerth eines Intervalles, also auch die GröÙe des ganzen meßbaren Winkelraumes.

Ist man in der Lage, zwei Objective anwenden zu können, so lassen sich bei genauer Kenntniß der Brennweiten mittels einer Formel die für das eine Objectiv gefundenen Constanten auf das andere übertragen. Hat nämlich das zweite Objectiv die Brennweite f und beträgt der mikrometrische Winkelwerth φ' , so ergibt sich aus den Gleichungen:

$$\varphi = \frac{f_1 \cdot g(d-f)}{d \cdot f(f_1 - a)}$$

$$\varphi' = \frac{f_1 \cdot g(d-f')}{d \cdot f'(f_1 - a)}$$

die neue Gleichung

$$\frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{f}{f'} \cdot \frac{d-f'}{d-f}, \text{ und wenn } \varphi = \frac{M}{D-f} \left(1 - \frac{f}{d}\right)$$

substituirt wird:

$$\varphi' = \frac{f}{f'} \frac{M}{D-f} \left(1 - \frac{f'}{d}\right).$$

Beispielsweise wird für ein Objectiv $f' = 205^{\text{mm}}$

$$\varphi' = 147'',8 \left(1 - \frac{205}{d}\right)$$

und mit diesem lassen sich Messungen von Winkeln bis zu $2^\circ 3'$ oder bei Anwendung eines Mikrometers von 10^{mm} Ausdehnung bis zu $4^\circ 6'$ ausführen.

Vo
thode

1)

ist od
sich o

Consta

welche

baren

dung

2)

ren an

unter

beugte

liche

gestell

Strahl

Fernro

optisch

Wird

Oeffnu

schen

diese

ohne

Fernro

eintre

der O

der u

endlic

G

von c

optisch

Diese

Axe

Der V

mit d

bildet

B

Von praktischen Anwendungen der beschriebenen Methode erwähne ich folgende:

1) Von wirklichen Objecten, deren Entfernung bekannt ist oder unendlich groß angenommen werden darf, lassen sich ohne weiteres die Sehwinkel durch Multiplication der Constanten φ mit der Anzahl von p Mikrometerintervallen, welche ihr Bild bedeckt, berechnen; so z. B. die scheinbaren Durchmesser des Mondes und der Sonne (Anwendung als Distanzmesser).

2) Durch eine einfache Modification kann das Verfahren angewandt werden, um die Winkel zu bestimmen, unter welchen gebeugte Strahlenbündel gegen das ungebeugte geneigt sind. Der in der optischen Axe befindliche Punkt des Maafsstabes, auf den das Fernrohr eingestellt ist, sey A . Von ihm aus fällt ein Kegel von Strahlen auf das Objectiv und diese vereinigen sich im Fernrohr alle auf einem und demselben, ebenfalls in der optischen Axe befindlichen Punkt A' des Mikrometers. Wird nun nahe vor dem Objectiv ein Schirm mit einer Oeffnung O , die wir der Einfachheit wegen in der optischen Axe annehmen wollen, angebracht, so beschränkt diese Oeffnung nur die Dimensionen des Strahlenkegels, ohne übrigens an der Richtung des Strahlenverlaufs im Fernrohr etwas zu ändern, falls von einer in der Oeffnung eintretenden Beugung abgesehen wird. Selbst wenn in der Oeffnung eine Beugung eintritt, so wird wenigstens der ungebeugte Theil des Restes des Strahlenkegels sich endlich in A' vereinigen.

Ganz dasselbe wird für die Strahlen gelten, welche von einem Punkte A_1 des Maafsstabes, ausserhalb der optischen Axe, zum Objectiv durch die Oeffnung gelangen. Diese werden sich auch in einem ausserhalb der optischen Axe gelegenen Punkt A' , des Mikrometers zusammenfinden. Der Winkel, den das von A_1 aus nach O gehende Bündel mit dem von A ausgehenden, also mit der optischen Axe bildet, sey ψ .

Beträgt die Entfernung des Punktes A_1 von dem

Punkte $A' p$ Mikrometerintervalle, so würde man hieraus schließen, daß vom ersten Hauptpunkt des Objectivs aus die Strecke AA_1 unter dem Winkel $p\varphi$ gesehen wird.

Ist die Oeffnung O vom Objectiv um e^{mm} entfernt, so verhält sich offenbar wegen der Kleinheit der Winkel

$$\psi : p\varphi = d : d - e,$$

also ist

$$\psi = \frac{d}{d - e} \cdot p\varphi.$$

Befindet sich an der Stelle A des Maafsstabes eine lichtgebende Spalte, von welcher ein Strahlenbündel nach O fällt und nehmen wir an, daß dort eine Beugung eintritt, so gelangt der ungebeugte Theil nach A' . Ein gebeugtes Bündel, etwa das den ersten dunkeln Streifen erzeugende, gelange nach A'_1 , so wird der Winkel ψ der im beugenden Spalt O erfolgten Ablenkung aus dem mikrometrischen Winkelwerth $p \cdot \varphi$ durch bloße Multiplication mit $\frac{d}{d - e}$ gefunden werden.

Befindet sich etwa der erste Hauptpunkt des Objectivs vor der Vorderfläche und wird der beugende Spalt oder das Gitter an diese Stelle gebracht, oder ist die Entfernung so gering, daß der Unterschied nicht über die anderen Grenzen der Beobachtungsfehler hinausgeht, so kann die Correction des mikrometrischen Winkelwerthes ganz unterbleiben.

Von noch viel geringerem, fast unmerklichem Einfluß ist es, wenn die beugende Oeffnung oder das Gitter nicht genau in der optischen Axe sich befindet.

Wird das Fernrohr beispielsweise auf eine um d entfernte Spalte von 1 bis $1\frac{1}{4}^{\text{mm}}$ Breite eingestellt, hinter der eine intensive Schmetterlingsflamme brennt, und bringt man in einer geringen Entfernung e vor das Objectiv eine beugende Spalte von der Breite b , ist ferner λ die Wellenlänge des Lichtes und p der Abstand des ersten dunkeln Streifens von der Mitte der ganzen Beugungserscheinung, so ergibt sich aus der Bedingung, daß die durch die

Oeffnung hindurchtretenden äußersten Randstrahlen bei völliger Interferenz eine Phasendifferenz von einer Wellenlänge haben müssen, die Gleichung

$$p \cdot \varphi \cdot \frac{d}{d-e} = \frac{\lambda}{b},$$

woraus die Wellenlänge λ sich bestimmen läßt, wenn alles andere bekannt ist. Es ist also

$$\lambda = b \cdot \frac{d}{d-e} \cdot p \cdot \frac{M}{D-f} \left(1 - \frac{f}{d}\right).$$

Die Rechnung wird sehr einfach, wenn eine solche Beobachtungsentfernung gewählt wird, für welche der Winkelwerth eines Mikrometertheils bestimmt ist. Dies wird sich namentlich für Demonstrationen in der Schule empfehlen, weil die Ableitung der Formel für φ zu zeitraubend seyn mag. Ist nämlich $d = D$, so wird

$$\lambda = b \cdot p \cdot \frac{M}{D}$$

mit Vernachlässigung von e .

Für $M = 1,2$, $D = 3117$, $b = 0,18^{\text{mm}}$ zeigt sich bei Lichtstrahlen, welche durch eine rothe Glastafel gehen, $p = 9,8$, daher $\lambda = 0,00068^{\text{mm}}$.

Sehr brauchbar ist eine einfache Vorrichtung, bei der die Spalte durch Verschiebung mittels einer Schraube beliebig verengert werden und die Breite aus der Höhe eines Schraubenganges gemessen werden kann. Auch spaltförmige Ausschnitte aus Stanniol, deren Breite unter dem Mikroskop mikrometrisch bestimmt ist, eignen sich gut zu solchen Versuchen. Eine erhebliche Genauigkeit ist übrigens weder bei einfachen, noch bei mehrfachen Spalten in der Bestimmung der Wellenlänge möglich, weil die dunkeln Streifen allmählich in die helleren Partien des Beugungsbildes übergehen und darum die Messung der Abstände zum großen Theil auf Abschätzung beruht. Zu äußerst genauen Messungen von Wellenlängen farbiger Flammen eignen sich Glasgitter, bei denen 500 bis 1000 Linien auf einen Zoll eingeritzt sind.

3) Bei den Fresnel'schen Interferenzspiegeln läßt sich das spitze Supplement α des Neigungswinkels auf

folgende Weise ermitteln. Das Spiegelpaar wird so aufgestellt, daß die beiden Bilder einer Lichtlinie nicht zu weit von derselben entfernt sind. Dann wird das Fernrohr in geeignete Richtung gebracht und auf diese Bilder eingestellt. Da die Spiegelbilder von der gemeinsamen Spiegelkante aus unter dem doppelt so großen Schwinkel 2α erscheinen, so beträgt der Winkel vom Objectiv des Fernrohrs aus unter der Annahme, daß es von der Lichtlinie die Entfernung d und von der mittleren Spiegelkante die Entfernung e habe, $2\alpha \cdot \frac{d-e}{d}$.

Beträgt der Abstand beider Bilder p Intervalle des Mikrometers, so ist

$$2\alpha \cdot \frac{d-e}{d} = p q = p \frac{M}{D-f} \left(1 - \frac{f}{d}\right) \text{ oder}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{d}{d-e} p \cdot q = \frac{1}{2} \frac{d}{d-e} p \frac{M}{D-f} \left(1 - \frac{f}{d}\right).$$

Fig. 1.



Ist die Beobachtungsdistanz eine solche, für welche der mikrometrische Winkelwerth bekannt ist, so lautet die Gleichung einfacher:

$$\alpha = \frac{p}{2} \frac{M}{D-e}.$$

Ist der Gesichtswinkel $2\alpha \frac{d-e}{d}$ für die Entfernung d bestimmt, so kann der meist nur mit der Lupe wahrnehmbare Abstand der Streifen berechnet werden. Wir nehmen an, die Focalebene der Lupe sey von den beiden Bildern A' und A'' um d entfernt und der Abstand des ersten dunklen Streifens O' von der Mitte O der Interferenzerscheinung sey x .

Es ist $A''O' : A'O' = \sin O'A'A'' : \sin O'A'O'$
 oder $A''O' : A'O' = \sin(OA'A'' + OA'O') : \sin(OA'A' - OA'O').$

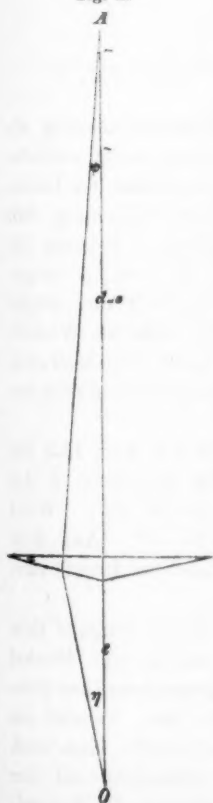
Es ist aber $OA'A'' = OA'A' = 90^\circ - \frac{1}{2} 0$
 und $OA'O'$ kann mit $OA''O'$ als gleich angesehen und durch $\frac{x}{d}$ ersetzt werden; dann wird

$$A''O' : A'O' = \cos\left(\frac{1}{2}O - \frac{x}{d}\right) : \cos\left(\frac{1}{2}O + \frac{x}{d}\right)$$

$$\frac{A''O' - A'O'}{A'O'} = \frac{2 \sin \frac{1}{2}O \sin \frac{x}{d}}{\cos\left(\frac{1}{2}O + \frac{x}{d}\right)}$$

Soll in O' der erste dunkle Streifen liegen, so muß $A''O' - A'O' = \frac{1}{2} \lambda$ seyn, daher

Fig. 2.



$$\frac{\lambda}{2 \cdot A'O'} = O \cdot \frac{x}{d},$$

da der Sinus durch den Winkel ersetzt werden kann und der Cosinus für so kleine Winkel gleich 1 ist; demnach wird

$$x = \frac{\lambda}{2 \cdot O} \text{ oder } x = \frac{\lambda}{4 \alpha} \frac{d}{d-e}.$$

Für $\alpha = 12'$, $d = 3117^{\text{mm}}$, $e = 100$, $\lambda = 0,00068$ ist $x = 0,050^{\text{mm}}$.

4) Um den Winkel α zu bestimmen, welchen beide Schenkelflächen eines Interferenzbiprismas mit der Basisfläche bilden, nehmen wir an, daß die Lichtlinie A senkrecht vor der Mitte der Basisfläche in einer Entfernung $d - e$ sich befinde und betrachten einen Strahl, der unter dem Winkel ψ gegen die Normale geneigt, durch das Prisma so gebrochen wird, daß er in dem Abstände e vom Prisma die optische Axe wieder schneidet. In diesem Schnittpunkte O bilde er den $\angle \eta$ mit der Normalen. Der erste Einfallswinkel ist ψ , der Brechungswinkel $\frac{\psi}{n}$, wenn n der Brechungs-
exponent ist. Der Strahl bildet dann

im Prisma mit dem zweiten Einfallslloth den Winkel $\alpha - \frac{\psi}{n}$ und tritt unter dem Winkel $n(\alpha - \frac{\psi}{n})$ oder $n\alpha - \psi$ mit dem Einfallslloth wieder aus. Er muß darauf die optische Axe unter dem Winkel

$\eta = n\alpha - \psi - \alpha$ oder $\eta = (n - 1)\alpha - \psi$ schneiden. Es verhält sich

$$e : d - e = \psi : \eta, \text{ also ist } \psi = \frac{e}{d - e} \eta.$$

Wird ψ eliminirt, so ergibt sich

$$\eta = (n - 1)\alpha - \frac{e}{d - e} \eta \quad \alpha = \frac{1}{n - 1} \frac{d}{d - e} \eta.$$

Der Winkel η kann durch die Fernrohrmessung als Hälfte des Winkels p, q gefunden werden, unter welchem die durch beide Prismenhälften erzeugten Bilder der Lichtlinie erscheinen, und dann giebt obige Gleichung den Winkel α , wenn das Brechungsverhältniß n bekannt ist. Wegen mangelhafter Homocentricität der von A ausgehenden Strahlenbüschel nach der Brechung und wegen der Farbenzerstreuung durch das Prisma wird die Winkelmessung mit dem die Abweichungen noch vergrößernden Fernrohr immerhin keine sehr bedeutende Genauigkeit zulassen.

Bei einem Prisma von Steeg fand ich $p = 15,5$ für $d = 4000^{\text{mm}}$, $e = 160$, wobei für das gegebene d der Werth $q = 81'',6$ ist. Also ist $\eta = 10' 32''$. Wird $n = 1,53$ angenommen, so ist $\alpha = 20' 40''$. Aus dem Winkel $2\eta = 21' 4''$ läßt sich der Abstand der Interferenzstreifen wie beim vorigen Fall finden.

5) Auf ähnliche Art wie bei der dritten Aufgabe läßt sich beim Foucault'schen Pendelversuche der Winkel bestimmen, um welchen die Schwingungsebene des Pendels in einer gewissen Zeit sich gedreht hat. Es wird ein Planspiegel in der Weise senkrecht aufgestellt, daß auch die Ebene der Pendelschwingungen senkrecht auf der Spiegelfläche steht, was durch Beobachtung des Spiegel-

bildes
bringt
das Sp
Mikron
Schwin
wieder
das Sp
Mikron
Ist
jenige
bild ein
die Dr
ebene

Bei
eine Dr
seconde
Secunde
neten Z
die Um
6)
der Kr
Flächen
dieselbe
Axe de
etwa ei
gelnden
dessen
vexe K

Auf

bildes des Pendeldrahtes leicht ausführbar ist. Darauf bringt man das Fernrohr in solche Lage, daß man in ihm das Spiegelbild eines scharf markirten Objectes auf der Mikrometertheilung erblickt. Nach einiger Zeit hat die Schwingungsebene sich gedreht. Wird nun der Spiegel wieder perpendicular zu derselben eingestellt, so erscheint das Spiegelbild des Objectes an einer anderen Stelle des Mikrometers.

Ist e die Entfernung des Spiegels vom Fernrohr, $d - e$ diejenige des Objectes vom Spiegel und erfährt das Objectbild eine Verschiebung von p Mikrometertheilen, so beträgt die Drehung des Spiegels und auch die der Schwingungsebene

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{d}{d - e} \cdot p \varphi_{\infty} \left(1 - \frac{f}{d}\right).$$

Bei der geographischen Breite ψ erfolgt in 24 Stunden eine Drehung von $360^\circ \cdot \sin \psi$, also erfordert die in Bogensecunden angegebene Drehung α eine Zeit von $\frac{\alpha}{15 \sin \psi}$ Secunden. Durch die Uebereinstimmung der so berechneten Zeit mit der Zeitdifferenz beider Beobachtungen wird die Umdrehung der Erde bestätigt.

6) Das Beobachtungsverfahren kann zur Bestimmung der Krümmungsradien convexer oder concaver sphärischer Flächen von Spiegeln und Linsen benutzt werden, wenn dieselben nicht zu klein sind. Ist AB ein zur optischen Axe der Linsenfläche symmetrisch liegendes helles Object, etwa eine Fensteröffnung, d die Entfernung von der spiegelnden Fläche, ab das reelle oder virtuelle Bild und δ dessen Abstand von der Spiegelfläche, so ist für eine convexe Krümmung vom Radius r

$$\delta = \frac{rd}{r + 2d}$$

$$\frac{ab}{AB} = \frac{r - \delta}{r + d} = \frac{r}{r + 2d}.$$

Auf das Bild ab wird das Fernrohr eingestellt. Das

Objectiv des letzteren habe vom Spiegel die Entfernung e , also vom Bilde den Abstand $e + \delta$ oder $e + \frac{rd}{r+2d}$.

Finden sich nun p Mikrometerintervalle mit ab identisch, so ist

$$\frac{\frac{ab}{rd}}{e + \frac{rd}{r+2d}} = pq = pq_{\infty} \left(1 - \frac{f}{e + \frac{rd}{r+2d}} \right) \text{ oder}$$

$$\frac{r \cdot AB}{e(r+2d) + rd} = pq_{\infty} \left(1 - \frac{f(r+2d)}{e(r+2d) + rd} \right) \text{ und hieraus}$$

$$r = \frac{2q_{\infty} \cdot p \cdot d \cdot (e-f)}{AB - pq_{\infty}(d+e-f)}.$$

Hierbei ist r absolut zu nehmen.

Für concave Krümmungen ist

$$\delta = \frac{dr}{2d-r}$$

$$\frac{ab}{AB} = \frac{r}{2d-r}$$

und es ergibt sich analog der absolute Werth des Radius

$$r = \frac{2q_{\infty} \cdot p \cdot d(e-f)}{AB + pq_{\infty}(d+e-f)}.$$

Wenn hiernach die Krümmungsradien einer Linse gefunden und die Brennweite oder Zerstreuungswerte gemessen sind, läßt sich nach bekannten Formeln auch der Brechungsexponent finden.

Namentlich erscheint mir das Verfahren für die Ermittlung convexer Krümmungen, für welche die andern bekannten Methoden meist recht mangelhaft sind, nicht ohne Wichtigkeit.

Jedenfalls wird die mikrometrische Winkelmessung auch noch in mancher andern Beziehung, z. B. am Spectralapparat Vortheile gewähren.

VI.
men

Aufs
Wärm
bei co
Wärm
lich n
Bestim
specifi
hältnis
Lapla
der G
festen
Beobac
beruhe
und D
zwar s
Körper
dabei
Wärm
aus de
batisch
hältnis
den für
Diffr
findend
 v, p, T
nach d
tialquot

Pogger

VI. Ueber das Verhältniß der specifischen Wärmen bei constantem Druck und bei constantem Volum; von J. J. Müller.

1.

Außer der allgemeinen Methode, welche die mechanische Wärmetheorie zur Berechnung der specifischen Wärme bei constantem Volum aus der beobachteten specifischen Wärme bei constantem Drucke liefert, existiren bekanntlich noch zwei besondere an den Versuch sich anschließende Bestimmungsweisen, welche das Verhältniß der beiden specifischen Wärmen geben. Die Ableitung dieses Verhältnisses aus der Schallgeschwindigkeit, welche zuerst von Laplace für die Gase entwickelt wurde, liefs sich mit Hülfe der Gleichungen der genannten Disciplin sofort auf die festen und flüssigen Körper übertragen. Die andere auf der Beobachtung endlicher adiabatischer Zustandsänderungen beruhende Bestimmungsweise, die ursprünglich Clément und Désormes ebenfalls für die Gase gegeben haben, ist zwar seither von W. Weber und Edlund auch auf feste Körper angewendet worden; allein die Berechnung wurde dabei unabhängig von den Gleichungen der mechanischen Wärmetheorie durchgeführt, während dieselbe sich auch aus den letzteren ergeben muß. Eine solche auf die adiabatischen Gleichungen gegründete Berechnung des Verhältnisses der beiden specifischen Wärmen soll im Folgenden für die festen und flüssigen Körper gegeben werden.

Differentiirt man für die ohne Wärmeaustausch stattfindenden Zustandsänderungen der Körper die drei mit v, p, T bezeichneten Gröfsen Volum, Druck und Temperatur nach den unabhängigen Variabeln, so stehen die Differentialquotienten:

$$\frac{dv}{dp} \quad \frac{dv}{dT} \quad \frac{dp}{dT},$$

die sich auf eine gleichzeitige Veränderung aller drei Variablen beziehen, in einfachen Relationen zu den entsprechenden gewöhnlichen, die dritte Variable als constant voraussetzenden Derivirten, die zur Unterscheidung mit

$$\frac{\partial v}{\partial p} \quad \frac{\partial v}{\partial T} \quad \frac{\partial p}{\partial T}$$

bezeichnet seyn mögen. Es ist nämlich die Wärmemenge dQ , welche eine elementare Zustandsänderung des Körpers bewirkt, unter Einführung der beiden specifischen Wärmen bei constantem Drucke und bei constantem Volum durch folgende Gleichungen darstellbar:

$$dQ = c dT + AT \frac{\partial p}{\partial T} dv$$

$$dQ = CdT - AT \frac{\partial v}{\partial T} dp$$

$$dQ = c \frac{\partial T}{\partial p} dp + C \frac{\partial T}{\partial v} dv.$$

Setzt man nun $dQ = 0$, so treten die Veränderlichen in die angemerkte, den adiabatischen Veränderungen entsprechende Abhängigkeit von einander und es kommen sofort die gesuchten Relationen

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT}{dv} &= - \frac{AT}{c} \frac{\partial p}{\partial T} \\ \frac{dT}{dp} &= \frac{AT}{C} \frac{\partial v}{\partial T} \\ \frac{dv}{dp} &= \frac{c}{C} \frac{\partial v}{\partial p} \end{aligned} \right\} (1).$$

Diese von Clausius¹⁾ gegebenen Gleichungen lassen eine ähnliche Beziehung der drei adiabatischen Derivirten unter sich erkennen, wie sie für die drei gewöhnlichen besteht. Dividirt man die erste und zweite derselben durch einander, so kommt

$$\frac{\frac{dT}{dv}}{\frac{dT}{dp}} = - \frac{C}{c} \frac{\frac{\partial p}{\partial T}}{\frac{\partial v}{\partial T}};$$

1) Abhandl. (2), IX. Pogg. Annal. Bd. 125, S. 353.

nach jener Relation der diabatischen Differentialquotienten wird dies aber

$$\frac{\frac{dT}{dv}}{\frac{dT}{dp}} = \frac{C}{c} \frac{\partial p}{\partial v}$$

und daher kommt nach der dritten der Gleichungen (1)

$$\frac{dT}{dv} \cdot \frac{dv}{dp} \cdot \frac{dp}{dT} = 1 \quad (2).$$

Allein um die weiteren Eigenschaften der adiabatischen Derivirten zu finden, müssen die Gleichungen (1) transformirt werden.

2.

Eine solche Transformation läßt sich mit Hülfe der bekannten, die beiden specifischen Wärmen verknüpfenden Gleichung

$$C - c = AT \frac{\partial v}{\partial T} \frac{\partial p}{\partial T}$$

gewinnen, in welcher A den reciproken Werth des mechanischen Wärmeäquivalents, $\frac{1}{424}$ nach den neuern Bestimmungen von Regnault, bedeutet. Multiplicirt man nämlich die beiden ersten der Gleichungen (1) beziehlich mit $\frac{\partial v}{\partial T}$ und $\frac{\partial p}{\partial T}$, so daß sie übergehen in

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dv} \cdot \frac{\partial v}{\partial T} &= - \frac{AT}{c} \frac{\partial p}{\partial T} \frac{\partial v}{\partial T} \\ \frac{dT}{dp} \cdot \frac{\partial p}{\partial T} &= \frac{AT}{C} \frac{\partial v}{\partial T} \frac{\partial p}{\partial T} \end{aligned}$$

und setzt man ferner das Verhältniß der beiden specifischen Wärmen

$$\frac{C}{c} = k,$$

so kommt mit Hülfe jener Relation sofort das neue System von Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT}{dv} &= (1 - k) \frac{\partial T}{\partial v} \\ \frac{dT}{dp} &= \left(1 - \frac{1}{k}\right) \frac{\partial T}{\partial p} \\ \frac{dv}{dp} &= \frac{1}{k} \frac{\partial v}{\partial p} \end{aligned} \right\} \quad (3).$$

Noch in etwas anderer Gestalt erscheinen die Gleichungen, wenn man sie schreibt:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{v} \frac{dv}{dp} &= -\frac{1}{k} \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial p} \\ \frac{1}{v} \frac{dv}{dT} &= \frac{1}{1-k} \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial T} \\ \frac{1}{p} \frac{dp}{dT} &= \frac{k}{k-1} \frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial T} \end{aligned}$$

und nun auch für die adiabatischen Veränderungen eine Compressibilität, einen Ausdehnungscoefficienten und eine spezifische Druckzunahme einführt. Bezeichnet man diese Größen mit

$$(\epsilon) \quad (\alpha) \quad (\gamma),$$

während die drei gewöhnlichen Coëfficienten

$$\epsilon \quad \alpha \quad \gamma$$

seyn mögen, so kommt das neue System von Gleichungen:

$$\frac{(\epsilon)}{\epsilon} = \frac{1}{k}, \quad \frac{(\alpha)}{\alpha} = \frac{1}{1-k}, \quad \frac{(\gamma)}{\gamma} = \frac{1}{k-1} \quad (4).$$

Diese drei Gleichungen lassen sich leicht in ebenso vielen Sätzen aussprechen, welche durch die Bemerkung, daß k , falls überhaupt C von c verschieden ist, stets grösser als 1 ausfällt, zu einigen neuen Anmerkungen führen.

1) Die cubische Compressibilität ohne Wärmeaustausch verhält sich zur cubischen Compressibilität bei constanter Temperatur wie $1 : k$; die erstere ist somit immer *kleiner* als die letztere, wenn der Körper einen endlichen Ausdehnungscoëfficienten besitzt, mag dieser nun positiv oder negativ seyn.

2) Der cubische Ausdehnungscoëfficient ohne Wärmeaustausch verhält sich zum cubischen Ausdehnungscoëfficienten bei constantem Drucke wie $1 : (1 - k)$; daraus folgt, daß der erstere beständig *negativ* ist, wenn der letztere positiv ist und umgekehrt.

3) Die spezifische Druckzunahme ohne Wärmeaustausch verhält sich zur spezifischen Druckzunahme bei

constantem Volum wie $k : (k - 1)$; es muß somit die erstere stets *größer* als die letztere seyn.

Berechnet man mit Hülfe der oben angeführten Gleichung die Differenz der beiden specifischen Wärmen und hieraus ihr Verhältniß zu einander, so können aus den gewöhnlichen Werthen der Compressibilität und des Ausdehnungscoëfficienten die adiabatischen Werthe bestimmt werden. So findet man stets die folgenden Werthe, denen die Bestimmungen von Grassi¹⁾ für die Compressibilität und die von Regnault²⁾ und Kopp³⁾ für den Ausdehnungscoëfficienten zu Grunde gelegt sind.

0°	Wasser	Aether	Quecksilber
(ϵ)	0,000 0503	0,000 0752	0,000 0025
(α)	+ 0,122 090	— 0,003 109	— 0,000 942

Die Werthe der specifischen Druckzunahme ergeben sich außer nach Gleichung (4) noch durch die Bemerkung, daß wie bei den gewöhnlichen Coëfficienten

$$(\gamma) = \frac{(\alpha)}{(\epsilon)}.$$

3.

Die gewonnenen Differentialgleichungen, welche allgemein für alle unendlich kleinen adiabatischen Zustandsänderungen der festen und flüssigen Körper gültig sind, müssen auch auf den speciellen Fall der Fortpflanzung longitudinaler Wellen in einem elastischen Mittel anwendbar seyn. Daraus folgt, daß die Bestimmung des Verhältnisses der specifischen Wärmen aus der Schallgeschwindigkeit sich auch aus diesen Gleichungen ergeben muß und diese Consequenz mag vor der weiteren Behandlung derselben dargelegt werden.

1) *Ann. de chim.* (3) 31.

2) *Mém. de l'Acad.* XXI.

3) *Pogg. Ann.* Bd. 72, S. 1 u. 223.

Wenn die Theorie der Elasticität für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Longitudinalwellen den Ausdruck liefert

$$v = \sqrt{\frac{(q)}{\varrho}},$$

unter ϱ die Dichte, und unter (q) den Elasticitätscoefficienten verstanden, so ist klar, daß dieser Elasticitätscoefficient sich auf jenen Ausschluß der Wärmemittheilung bezieht. Es kann also nicht der gewöhnliche Elasticitätscoefficient seyn, der vielmehr eine constante Temperatur voraussetzt, und sobald man den letzteren in die Formel einführt, so erfordert dieselbe ganz allgemein bei allen Körpern eine Correction. Diese Correction ergeben nun die obigen Gleichungen sofort.

Es war nach denselben

$$-\frac{dp}{dv} = k \quad -\frac{\partial p}{\partial v}.$$

Da man für isotope Körper

$$-\frac{\partial p}{\partial v} = q, \quad -\frac{dp}{dv} = (q),$$

wo q den gewöhnlichen und (q) den adiabatischen Elasticitätscoefficienten bezeichnet, so kommt

$$\frac{(q)}{q} = k \quad (5).$$

d. h. der adiabatische und der isothermische Elasticitätscoefficient eines Körpers verhalten sich zu einander, wie die specifischen Wärmen bei constantem Druck und bei constantem Volum.

Führt man hieraus den Werth von (q) in den Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen ein, so wird derselbe allgemein

$$v = \sqrt{\frac{q}{\varrho}} \sqrt{k} \quad (6).$$

Für den speciellen Fall der permanenten Gase, wo nach dem Mariotte'schen Gesetze

$$pv = \text{Const.},$$

wird für eine constante Temperatur

$$-\frac{dv}{v} = \frac{dp}{p}, \quad -\frac{\partial p}{\partial v} = p,$$

d. h. der isothermische Elasticitätscoefficient eines Gases ist sein Druck. Setzt man dies in Gleichung (b) ein, so kommt der Laplace'sche Ausdruck¹⁾

$$v = \sqrt{\frac{p}{\rho}} \sqrt{k}.$$

Diese Laplace'sche Correction für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen ist somit ganz allgemein für alle isotropen Körper gültig.²⁾

4.

Die Prüfung dieses Resultates könnte, da die Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit in Wasser von Colladon und Sturm doch wohl nicht die hinreichende Genauigkeit haben, nur an stabförmigen festen Körpern geführt werden. Bezeichnet man die wirkliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen mit V , die aus dem isothermischen Elasticitätscoefficienten berechnete mit V'' , so würde die Gleichung (6) sofort ergeben

$$k = \frac{V^2}{V''^2} \quad (7).$$

Allein hier ist nun wohl zu beachten, daß die Gleichungen (4) nicht ohne weiteres auf die Veränderungen übertragbar sind, welche durch einseitigen Zug an Stäben hervorgebracht werden. Denn sie setzen voraus, daß der Druck p überall auf der ganzen Oberfläche des Körpers in derselben Stärke wirke, und wenn man die entsprechenden Gleichungen für die linearen Veränderungen bildet, so verlieren dieselben wegen der Quercontraction und den damit verbundenen fremden Molecularvorgängen im Innern ihre directe Anwendung.

1) *Mécanique céleste*, Tome V, livr. 12. *Ann. de chim.* 3.

2) Man vergleiche mit der obigen Darstellung z. B. *Maxwell, Theory of Heat*, 170. 207.

Gleichwohl mag es nicht ohne Werth seyn, hier an die bekannte Thatsache zu erinnern, daß der Elasticitätscoëfficient, wenn er aus den akustischen Versuchen abgeleitet wird, etwas größer ausfällt, als wenn er nach den statischen Methoden bestimmt wird. Dieses Resultat, das die zahlreichen Bestimmungen von Wertheim¹⁾ außer Zweifel gesetzt haben, ist qualitativ durchaus mit den obigen Formeln in Uebereinstimmung, denn jene akustischen Versuche können ja nur den adiabatischen Elasticitätscoëfficienten, die statischen dagegen nur den isothermischen ergeben. Führt man nach Gleichung (7) die Berechnung von k für die Wertheim'schen Beobachtungen durch, so findet man z. B. für 20° C.

ausgezogen	Silber	Stahl	Gold
k nach (7)	1,0287	1,0336	1,0575
k aus $C - c$	1,0265	1,0165	1,0169

Wenn nun nach dem Bemerkten eine Uebereinstimmung dieser Werthe gar nicht erwartet werden darf, so werden die relativ geringen Abweichungen ihrerseits wieder von Interesse.

Es ist nämlich bekannt, daß Wertheim die Differenzen in den Elasticitätscoëfficienten zwar ebenfalls auf die Verschiedenheit in den specificirten Wärmen bei constantem Druck und bei constantem Volum zurückführt, daß er aber zur Bestimmung des Verhältnisses k dieser Größen eine andere von Duhamel²⁾ entwickelte Theorie benutzt. Nach dieser ist für die Fortpflanzung von Längswellen in Stäben bei der obigen Bezeichnungsweise

$$k = \frac{1}{6 \frac{V''^2}{V'^2} - 5}.$$

Die abweichend hohen Werthe, welche diese Formel nun aus den Wertheim'schen Beobachtungen für das

1) *Ann. de chim.* (3). 12. Pogg. Ann. Ergänzungsbd. 2, S. 1.

2) *Journal de l'école polyt. Cah. 25. Mém. de l'Acad. (div. sav.) 5.*

Verhältniß der beiden specifischen Wärmen ergibt, haben Clausius¹⁾ schon vor der Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie zu dem Schluß geführt, daß die Duhamel'sche Formel nicht zur Erklärung der Differenzen ausreiche. Nach dem Obigen kann aber der Ausdruck von Duhamel überhaupt nicht richtig seyn.

Wenn nun Clausius die wahre Ursache jener Differenzen der Elasticitätscoëfficienten in der elastischen Nachwirkung erblickt, so muß jedenfalls ein Theil der letzteren auf dem Unterschied zwischen dem adiabatischen und dem isothermischen Elasticitätscoëfficienten beruhen, ein anderer mag dann freilich immer noch in der Viscosität der Körper begründet seyn. Auf diese Viscosität müssen die obigen Abweichungen der specifischen Wärmen zurückgeführt werden. Die Werthe, welche dieselben haben, dürften hinsichtlich dieser Zurückführbarkeit wohl mit den Werthen der Viscosität vereinbar seyn.

In der genannten Weise wird die elastische Nachwirkung überhaupt aufgelöst werden müssen. Wenn irgend ein Körper sehr rasch comprimirt wird, so daß der Druck des Körpers beständig gleich dem äußeren Druck bleibt, so wird er ein Volum annehmen, das seiner adiabatischen Curve entspricht. Bei der nachfolgenden Wärmeabgabe an die Umgebung muß dieses Volum dann der isothermischen Curve entsprechen und daher, da die adiabatische Curve immer steiler als die isothermische verläuft, kleiner ausfallen. Umgekehrt bei der Dehnung. Dies wird auch bei einem Körper der Fall seyn, der ohne alle Viscosität ist. Kommt die letztere hinzu, so wird sie zu einer weiteren viel länger andauernden Veränderung führen.

5.

Nach der Bestätigung, welche die adiabatischen Differentialgleichungen durch die entwickelte Bestimmung des Verhältnisses der specifischen Wärmen gewonnen haben, kann nun die Integration derselben gegeben werden. Da-

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 46.

bei ist zu bemerken, daß im Allgemeinen sowohl Compressibilität, Ausdehnungscoefficient und specifische Druckzunahme als das Verhältniß k der specifischen Wärmen von den Variablen abhängen. Sobald aber die Aenderungen beider oder wenigstens einer der beiden Variablen nur gering sind, dürfen die Coefficienten innerhalb derselben merklich als constant angesehen werden und dann wird die Integration leicht ausführbar.

Man erhält z. B. aus der Gleichung

$$-\frac{1}{v} \frac{dv}{dp} = -\frac{1}{k} \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial p}$$

durch die Einführung des isothermischen Elasticitätscoefficienten

$$dv = -\frac{1}{kq} v dp.$$

Wenn man nun k und q und daher auch die Größe v nach dem Bemerkten als Constante behandelt, so ergibt die Integration, das Volum bei verschwindendem Drucke gleich v_0 angenommen,

$$v = v_0 \left(1 - \frac{1}{kq} p\right),$$

oder, an die Stelle von q die cubische Compressibilität eingeführt,

$$v = v_0 \left(1 - \frac{1}{k} \epsilon p\right).$$

Auf ähnliche Weise lassen sich die übrigen beiden Gleichungen behandeln und liefern mit der angeführten zusammen das System

$$\left. \begin{aligned} v &= v_{p=0} \left(1 - \frac{1}{k} \epsilon p\right) \\ v &= v_{t=0} \left(1 + \frac{1}{1-k} \alpha t\right) \\ p &= p_{t=0} \left(1 + \frac{k}{k-1} \gamma t\right) \end{aligned} \right\} \quad (8),$$

worin die Temperaturen mit t bezeichnet sind, um anzuzeigen, daß es immer Temperaturveränderungen sind, die von der jedesmaligen Temperatur ($t=0$) an gezählt werden.

Diese Gleichungen sind von derselben linearen Form wie die entsprechenden gewöhnlichen Relationen zwischen Volum, Druck und Temperatur; nur die Constanten der Gleichungen sind andere geworden. Daraus ergibt sich z. B., daß das System der adiabatischen Curven der festen und flüssigen Körper ein System von Geraden ist, welche, etwas steiler fallend als die Isothermen, mit den letzteren die Winkel bilden:

$$\text{arc tang } \frac{1 - \frac{1}{k}}{\frac{q}{v} - \frac{v}{kq}}.$$

Die hervorgehobene lineare Form werden die dargelegten Functionen in den meisten Fällen der wirklichen Beobachtung haben, denn bei allen ausführbaren adiabatischen Zustandsänderungen fester und flüssiger Körper wird weder das Volum noch die Temperatur beträchtliche Aenderungen erfahren. Doch gelten auch hier dieselben Einschränkungen wie für die gewöhnlichen unter Wärmeaustausch vor sich gehenden Veränderungen. In dem allgemeinen Falle, wo die Differentialgleichungen zwar ihre Form noch beibehalten, allein ihre Coëfficienten Functionen der Variablen werden, lassen sich diese Functionen in Reihen entwickeln; in den Integralgleichungen treten dann in derselben Weise Glieder mit höheren Potenzen der unabhängigen Variablen auf, wie in den diabatischen Relationen.

Eine volle Unbeschränktheit in den Veränderungen ist nur bei den Gasen vorhanden. Wenn daher hier v und p in den Gleichungen als Veränderliche zu behandeln sind, so wird umgekehrt k hier strenge eine Constante. Beachtet man dies, so läßt sich die Integration auf demselben Wege ausführen. So kommt z. B. für die oben behandelte Gleichung nach dem früher angemerkten Werthe des Elasticitätscoëfficienten eines Gases

$$\frac{dv}{v} = - \frac{1}{k} \frac{dp}{p}$$

woraus

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v} \right)^k$$

und ähnlich

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{v_0}{v} \right)^{k-1}$$

$$\left(\frac{T}{T_0} \right)^k = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{k-1}.$$

Dies sind aber die bekannten Poisson'schen Gleichungen¹⁾, zu denen sich die Gleichungen (8) verhalten, wie das entsprechende diabatische System zu den Gleichungen von Mariotte und Gay-Lussac. Die Gleichungen (8) können also in gewissem Sinne als die verallgemeinerten Poisson'schen Gleichungen angesehen werden, während sie in anderer Hinsicht wieder mit größerer Beschränkung erscheinen.

6.

In der dargelegten endlichen Form können die adiabatischen Gleichungen jetzt in ähnlicher Weise zur Bestimmung des Verhältnisses der specifischen Wärmen bei constantem Druck und bei constantem Volum für feste und flüssige Körper benutzt werden, wie die Poisson'schen Gleichungen zu derselben Bestimmung bei den Gasen. Läßt man von einem Gase, das sich in einem Gefäße unter dem Drucke p_1 mit der Temperatur der Umgebung in's Gleichgewicht gesetzt hatte, plötzlich einen Theil herausströmen, bis der Druck auf p_2 gesunken ist, und nennt man den Druck nach der wiedererfolgten Ausgleichung der Temperatur p_3 , so ist bekanntlich

$$k = \frac{\log p_1 - \log p_2}{\log p_1 - \log p_3}.$$

Dem entsprechend liefern nun die Gleichungen (8) zur Bestimmung von k für feste und flüssige Körper die Relationen:

1) *Traité de mécanique T. II, liv. V. Ann. de chim.* 23.

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{p}{q} \frac{1}{1 - \frac{v}{v_0}} \\
 k &= 1 - \frac{\alpha t}{\frac{v}{v_0} - 1} \\
 k &= \frac{\frac{p}{p_0} - 1}{\frac{p}{p_0} - 1 - \alpha q t}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} k &= \frac{p}{q} \frac{1}{1 - \frac{v}{v_0}} \\ k &= 1 - \frac{\alpha t}{\frac{v}{v_0} - 1} \\ k &= \frac{\frac{p}{p_0} - 1}{\frac{p}{p_0} - 1 - \alpha q t} \right\} (9).$$

Kennt man aber für einen festen oder flüssigen Körper, welcher ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung seinen Zustand verändert, die zusammengehörigen Veränderungen zweier Variablen, so ergibt sich mit Hülfe der Gleichungen (9) aus denselben das Verhältniß der beiden specifischen Wärmen. Dabei ist aber wieder zu bemerken, daß diese Gleichungen ohne Weiteres nur für die Zustandsänderungen gelten, die durch allseitige Kraftwirkung entstehen, nicht aber für lineare Aenderungen unter einseitigem Zuge.

Zur Prüfung dieser Bestimmung von k können daher direct nur die Versuche benutzt werden, die Joule¹⁾ beim Wasser angestellt hat. Diese Beobachtungen geben die Drucksteigerung und die damit verknüpften Temperaturänderungen. Um aus beiden k zu finden, hat man die dritte der Gleichungen (9) zu benutzen, wo t die Temperaturänderung bedeutet, die durch die Vermehrung des Druckes von p_0 auf p hervorgebracht ist und worin daher α und t gleichzeitig ihr Vorzeichen wechseln, d. h. k wie bekannt immer > 1 ist. Führt man diese Bestimmung für die Joule'schen Zahlen durch, so erhält man unter Benutzung der experimentellen Angaben von Grassi, Kopp und Regnault²⁾ für Compressibilität, Ausdehnung und spec. Wärme bei constantem Drucke und unter der

1) Phil. Mag. (4) 17.

2) Hinsichtlich der Berechnung von k aus der Formel für $C - c$ vergl. man Zeuner's Grundsätze etc. S. 49.

Annahme, daß der Anfangsdruck $p_0 = 1$ Atmosphäre gewesen, die folgenden Werthe:

Wasser.	1°,2.	11°,69.	18°,38.	30°.	40°,4.
k nach (9)	1,0003	1,0019	1,0053	1,0157	1,0293
k aus $C - c$	1,0004	1,0015	1,0051	1,0148	1,0254

Die Uebereinstimmung dieser Werthe ist eine sehr befriedigende; daß die Werthe von k aber für die verschiedenen Temperaturen verschieden ausfallen, ist nach den obigen Bemerkungen über die beschränkte Constanz der Coefficienten nicht auffallend.

An linearen Körpern hat nach den älteren Versuchen von W. Weber¹⁾, in neuerer Zeit Edlund²⁾ die adiabatischen Veränderungen untersucht. Von seinen absoluten Werthen können die Drucke nicht benutzt werden, da der Querschnitt der Drähte nicht angegeben ist, und auch bei den auffallend hohen Elasticitätscoefficienten nicht aus dem Gewichte berechnet werden kann. Es müssen daher hier die zusammengehörigen Werthe der Volum- und der Temperaturänderungen benutzt werden. Diese Werthe hat bereits Edlund selber zu einer anderen Berechnung des Verhältnisses k benutzt, unter der Annahme, die specifischen Wärmen wären so zu berechnen, wie wenn man cubische Veränderungen durch allseitigen Druck hätte. Da nun seine Werthe von k mit den theoretisch geforderten sehr gut übereinstimmen, so darf darin eine Rechtfertigung für die genannte Annahme erblickt werden.

Wenn man daher jetzt unter derselben Annahme das Verhältniß k auch nach der zweiten der Gleichungen (9) berechnet, worin die cubische Ausdehnung α gleich der dreifachen linearen und die cubische Volumänderung gleich ein Drittel der Längsänderung gesetzt werden muß, so kommen die nachfolgenden Werthe, die mit den von Edlund berechneten zusammengestellt sind.

1) Pogg. Ann. Bd. 20, S. 177.

2) Pogg. Ann. Bd. 126, S. 539.

Die linearen Ausdehnungscoefficienten sind dabei nach dem Vorgange von Edlund den Angaben von Lavoisier und Laplace entnommen¹⁾.

	Silber.	Kupfer.	Messing.
k nach (9)	1,0210	1,0167	1,0157
k nach Edlund	1,0203	1,0167	1,0171

Diese Werthe stimmen ebenfalls sehr gut mit einander überein.

Die Temperaturveränderungen, die bei ihrer Berechnung benutzt wurden, sind von Edlund nicht unmittelbar beobachtet, sondern mit Hülfe der Thomson'schen Formel²⁾, für die adiabatischen Temperaturveränderungen berechnet. Bezeichnet man die Drucksteigerung mit π , die Dichte mit ρ , so war die genannte Temperaturänderung $t = \frac{A T a \pi}{\rho C}$. Dabei konnte aber wegen der bereits berührten inneren Molecularvorgänge diese Formel nicht unverändert benutzt werden, sondern es mußte, wie Edlund durch einen besonderen Versuch fand, das mechanische Wärmeäquivalent mit einem etwa ein Drittel größeren Werthe eingeführt werden. Die Uebereinstimmung, welche nun die hierauf basirende zweite, nach Gleichung (9) geführte Berechnung von k mit den Edlund'schen Werthen ergibt, scheint in neuer Weise die Unmöglichkeit einer directen Benutzung der Thomson'schen Formel darzuthun.

Zürich, December 1874. *)

1) Biot, *Traité de phys.* I. Schweigger's Journal 25.

2) Phil. Mag. (4) 15.

*) Leider ist der talentvolle Verfasser dieser Abhandlung während des Druckes derselben (11. Januar) im noch nicht vollendeten 29. Lebensjahre der Wissenschaft durch den Tod entrissen. P.

VII. *Beobachtungen an Gasspectris; von Eugen Goldstein.*

(Aus. d. Monatsberichten, August 1874.)

Wüllner hat neuerdings ¹⁾ Versuche angestellt, welche ihn an die Unabhängigkeit des Auftretens der verschiedenen Spectra von Temperatur-Differenzen glauben lassen.

Bekanntlich sind die vollständigen Spectra der Gase bisher nur mit Hülfe elektrischer Entladungen in gaserfüllten Räumen dargestellt worden. Diese Entladungen ist man gewohnt in zwei Arten zu unterscheiden, indem man, der anscheinenden Dauer des Entladungs-Vorganges nach, discontinuirliche Entladungen continuirlichen gegenüberstellt.

Diese continuirlich genannten Entladungen geben im rotirenden Spiegel bei 30 Umläufen in der Sekunde allerdings das Bild einer continuirlichen Lichtfläche. Einstweilen lasse ich es noch dahingestellt, ob wir es hier nicht vielmehr mit einer sehr grossen Anzahl sehr schnell auf einander folgender schwacher Funken zu thun haben. Diese letztere Ansicht, welche auch Hr. Geheimrath Helmholtz als die wahrscheinlichere betrachtet, wird nahe gelegt, wenn man beobachtet, wie die Steigerung derjenigen Mittel, welche die Zeit zwischen den aufeinander folgenden Partial-Entladungen verkleinern, schliesslich zu der sogenannten continuirlichen Entladung führen. Die Temperatursteigerung ist unzweifelhaft desto grösser, je mehr Electricität in jeder einzelnen Entladung überfließt, also unter übrigens entsprechenden Verhältnissen bei einer einzigen oder wenigen schnell aufeinander folgenden Partial-Entladungen höher als bei der sogenannten continuirlichen Entladung. Damit stimmen die Angaben von Riefs' elektrischem Thermometer, wenn dies in den leitenden Bogen eingeschaltet wird.

1) Pogg. Annal. Bd. 147, S. 321.

Wüllner's Versuchen zufolge nun sind die beiden Formen der Spectra, welche von Plücker und Hittorf als Spectra erster und zweiter Ordnung, bezüglich Banden- und Linienspectrum bezeichnet wurden, eng und mit den beiden Modis des Ausgleichs elektrischer Unterschiede in Gasen verknüpft, und zwar glaubt Wüllner durch eine Reihe speciell beschriebener Beobachtungen die Thatsache constatirt zu haben, „dafs das Linienspectrum der Gase nur bei Ausbildung des Funkens, das Bandenspectrum bei der funkenlosen Entladung durch eine gegebene Gasmasse auftritt“. Nach Feststellung dieser Bedingung wird die Erklärung der Spectra verschiedener Ordnung aus dem Unterschiede der Dicke strahlender Schichten, welche das eine oder andere Genus von Spectris liefern, abgeleitet: es seyen bei der Funken-Entladung immer nur wenige Molekeln des Gases, welche Licht aussenden, bei der funkenlosen Entladung dagegen leuchte mehr oder weniger die ganze in der Spectralröhre vorhandene Gasmasse. Unter Annahme von Zöllner entwickelter Principien könne das Gasspectrum im erstern Falle daher nur einzelne helle Linien liefern, während die dicke Schicht der continuirlichen Entladung alle jene Wellenlängen für die Beobachtung zur Geltung kommen lasse, welche das Gas bei der vorhandenen Temperatur überhaupt aussenden kann. Im Folgenden beabsichtige ich die Resultate von Beobachtungen und Versuchen niederzulegen, welche in Beziehung zu den eben angeführten Behauptungen stehen.

Die für den Leser der Wüllner'schen Arbeit nicht zu bezweifelnde Relation zwischen Funken- und Linienspectrum einerseits und zwischen continuirlicher Entladung und Bandenspectrum andererseits wurde mir zuerst bedenklich durch die Untersuchung einer mit verdünnter Luft gefüllten Röhre, zwischen deren eine Elektrode und das stromliefernde Inductorium eine Leydener Flasche eingeschaltet war. Das Bild der Entladung in einem rotirenden Spiegel zeigte aufer continuirlich erleuchteten Feldern Gruppen von *unverbreitbaren* Röhrenbildern. Die Beob-

achtung, zuerst an einem viermal in der Sekunde rotirenden Spiegel gemacht, liefs sich bei einer fast 25fachen Umdrehungsgeschwindigkeit wiederholen. Die Untersuchung mit dem Spectralapparat liefs nur das *Bandenspectrum* des Stickstoffs erkennen. Andererseits gab eine mit verdünntem Wasserstoff gefüllte Geißler'sche Röhre, deren capillarer Theil ein schönes Rosa-Roth zeigte, im rotirenden Spiegel nur verbreitbare Felder von überall gleichartiger rosenrother Färbung. Im Spectrum waren hell die bekannten Linien des Wasserstoffs zu sehen. Wesentlich gleich verhielt sich eine Anzahl anderer unter gleichen Verhältnissen geprüften Wasserstoff-Röhren.

Die Typen der angeführten beiden Versuchsreihen widersprachen direct dem von Wüllner angegebenen Gesetze. Zur Abgabe eines definitiven Urtheils aber schien eine eingehendere Prüfung der Frage erforderlich.

Im Laufe meiner Versuche hatte ich oft Veranlassung aufser einer Geißler'schen stark evacuirten Röhre noch eine Luftstrecke in den Kreis des Inductionsstroms einzuschalten. Statt letzterer wurde bisweilen eine mit Luft von höherer Dichte gefüllte zweite Röhre benutzt. In solchen Fällen bleibt das Spectrum der von Luft geringer Dichte erfüllten Röhre, das Bandenspectrum, der Funke in Luft wie die dichte Gasmasse der zweiten Röhre dagegen zeigen das Linienspectrum der atmosphärischen Gase.

Bei Adoptirung der vorhin mitgetheilten Wüllner'schen Anschauungen müfste hier ein Wechsel des Rhythmus der Entladung in benachbarten Stellen der Leitung angenommen werden, so wenig die Vorstellung sich dem auch zu accommodiren vermochte.

Man sieht leicht, dafs eine Entscheidung über die Wüllner'sche Hypothese zurückzuführen ist auf die Frage, ob Entladungen aufeinanderfolgende Strecken ihres Schliessungskreises in gleichem Rhythmus durchfliessen oder nicht.

Setzt man auch für diese Frage eine Analogie der Elektricitäts-Bewegung mit der Fortbewegung einer in-

compressiblen Flüssigkeit voraus, so ergibt sich der Isochronismus der Entladungen für verschiedene Strecken der Schließung ohne Weiteres aus dem Satze, daß in gleichen Zeiten durch jeden Querschnitt gleiche Flüssigkeits-Quanta hindurchströmen. Die experimentelle Prüfung ergab unter Anderem folgendes Resultat:

Der rotirende Spiegel zeigte, daß bei gleichem Abstand beider Lichtquellen von der Rotations-Axe das Bild des eingeschalteten Funkens sammt dem seiner Lichthülle ebenso lang war wie das der Entladung in der Geißler'schen Röhre. Wenn die Entladung in Luft nach bekannten Versuchen von Lissajous mit einem Funken anhebt, dem die Aureole folgt, so beginnt das Bild der Röhren-Entladung mit einem durch Helligkeit ausgezeichneten Streifen, dessen Breite bei wechselnder Rotations-Geschwindigkeit constant bleibt.

Bestand die Entladung in Luft aus mehreren Partial-Funken-Entladungen, so waren gleichviel unverbreitbare in entsprechenden Abständen auseinander gelegte Bilder der Röhren-Entladungen erkennbar.

Das Entladungsbild einer Gasröhre bei sonst metallisch geschlossenem Stromkreise ist im Allgemeinen durch mannigfache Abschattirungen, Spaltungen in einzelne Felder usw. sehr complicirt. Zwei oder mehr hintereinander eingeschaltete Röhren mit verdünnten, selbst chemisch verschiedenen Gasen (z. B. Stickstoff und Kohlensäure), geben stets ins Feinste beobachtbare Detail von Gruppierung und Helligkeitsvariation mit einander übereinstimmende Entladungsbilder, so daß hier völlige Coincidenz von Rhythmus und Intensität im Ablauf der Entladung zu Tage tritt.

Eine Kohlenoxyd-Röhre meines Besitzes läßt, wie ein rasch rotirender Spiegel zeigt, nur Funken das Gas durchsetzen, wobei jede Entladung des Inductions-Apparates in eine größere oder kleinere Zahl solcher Funken zerfällt wird. Diese Röhre wurde mit andern, welche verdünnten Stickstoff enthielten, eingeschaltet. Bei alleiniger Einschalt-

tung gaben die Stickstoffröhren continuirliche Entladung, mit der Kohlenoxydröhre denselben Strom schließend, scharfe getrennte Funkenbilder in derselben Anzahl wie die Kohlenoxydröhre.

Kräftige Funken werden bekanntlich von einer Leydener Flasche geliefert; die Wirkung der verhältnißmäßig wenig Elektricität bewegendenden Inductionsfunken wird nur quantitative Differenzen gegen eine Batterie-Entladung zeigen können und einer schwachen Flasche-Entladung gleich zu achten seyn.

Für den Fall des Isochronismus der Elektricitäts-Bewegung muß also die Einschaltung eines Funkens wie die Anwendung eines schwach geladenen Condensators auf die Entladung einer Gasröhre wirken.

Die letztere verwandelt die röthliche Farbe des pos. Lichtes enger Röhren in Blau; die Einschaltung eines Funkens kann dasselbe erzielen. Die Entladung der Leydener Flasche ist im Allgemeinen ungeschichtet, wenn auch das pos. Licht ohne die Anwendung derselben geschichtet erscheint.

Schaltet man mit einer geschichtetes Licht enthaltenden Röhre auch einen Funken in atmosphärischer Luft ein, so beginnt im rotirenden Spiegel die Entladung mit einem unverbreitbaren Streifen und dieser ist *nicht* geschichtet. Beseitigt man den Funken, so ist die Entladung auch in ihrem Beginne wieder geschichtet.

In den Entladungen der Leydener Flasche ist bei einigermaßen erheblichem Widerstande der dunkle Raum zwischen positivem und negativem Licht verschwunden und vom Körper der neg. Elektrode bis zur Anode reicht ununterbrochen Licht von pos. Farbe.

Bei Einschaltung eines Funkens sieht man in dem vorher dunkeln Raum einer stark evacuirtten Röhre sogleich nach der Stärke des Funkens mehr oder weniger helles Licht. — Charakteristisch sind hier die Bilder des Drehspiegels. Das wenig intensive blaue Licht im negativen Cylinder einer Spectralröhre der üblichen Form wird bei

groß
mehr
Licht
seits
Inter
der
bare
Capi
ist.
Hell
so l
weite
derg
tinui
auch
Funk
D
wird
zirt,
gend
geset
versch
oder
Ersch
lässig
D
strom
contin
Seite
B
in Lu
gnete
des e
G
glaub
kreis
zu d

großser Rotationsgeschwindigkeit zu einer Fläche von nicht mehr wahrnehmbarer Lichtstärke ausgezogen, vom neg. Lichte bis zur Capillare folgt der dunkle Raum und jenseits der Mittelröhre im pos. Cylinder mattes Licht, dessen Intensität bei der Verbreiterung gleichfalls unter die Gränze der Wahrnehmung sinken kann. So erhält man eine sichtbare Entladung im Spiegel nur von der hellleuchtenden Capillare als langes Band, dessen Breite ihrer Länge gleich ist. Jedem Funken aber entspricht neben der vermehrten Helligkeit eine völlige Erleuchtung beider Cylinder, und so hebt die discontinuirliche Entladung durch die bei weitem größere Länge ihres scharfen Bildes und die Wiedergabe der ganzen Röhrenform sich frappant von der continuirlich erscheinenden ab. Funke und Flasche wirken auch hier also identisch — augenscheinlich schaltet jeder Funke außerhalb der Röhre auch einen Funken in ihr ein.

Die Entladung einer Leydener Flasche in dicken Funken wird vom Magnete in eigenthümlicher Weise derart affizirt, daß die durchweg die Farbe des pos. Lichts zeigende Entladung in zwei Theile zerreißt, die an entgegengesetzten Seiten des Röhrencylinders verlaufen und einen verschiedenen Charakter haben, je nachdem sie vom pos. oder neg. Ende der Röhre ausgehen. Eine Erklärung der Erscheinung durch Strom-Oscillationen erscheint nicht zulässig.

Das pos. Licht einer Gasröhre im einfachen Inductionsstrom wird nach im Wesentlichen bekannten Regeln als continuirlicher Faden in seiner ganzen Masse nach *einer* Seite abgelenkt.

Bei Einschaltung eines entsprechend langen Funkens in Luft zerreißt die Entladung unter dem Einfluß des Magnetes ebenfalls und die Einwirkung des Condensators und des eingeschalteten Funkens decken sich auch hier.

Gestützt auf eine Reihe derartiger Beobachtungen glaube ich den Isochronismus der den ganzen Schließungskreis durchfließenden Entladungen als Thatsache betrachten zu dürfen.

Wie verhalten sich nun die Spectra bei Abänderung der Entladung?

Ich schicke einen Fall von Abänderung der Entladung ohne Benutzung des oben aufgestellten Princip's voraus.

Die bereits erwähnte Kohlenoxyd-Röhre gab im Anfang geschichtete Entladung mit dunklem Raum und Glimmlicht, die durch den bewegten Spiegel zum continuirlichen Bande ausgezogen wurde.

Das Spectrum des Kohlenoxyds besteht aus einem bekannten Bandencomplex. Nach einiger Zeit verloren die angegebenen, als Kriterien der continuirlichen Entladung geltenden Merkmale sich, gleichmäßigem Lichtstrome Platz gebend, und der Spiegel löste die Entladung in eine Reihe scharf gezeichneter Funkenbilder auf. Gleichwohl bestand das Spectrum aus den früheren Banden ohne Hinzutreten von Linien.

Stickstoffröhren geben, allein in den metallischen Kreis des Inductionsstroms eingeschaltet, das oft gezeichnete Bandenspectrum. Als die Entladung durch Miteinschaltung der modificirten Kohlenoxyd-Röhre in Funken übergeführt war, blieb das Spectrum des Stickstoffs, von Helligkeits-Variationen abgesehen, unverändert das frühere.

Eine Röhre mit verdünntem Stickstoff und eine verdünnten Wasserstoff enthaltende werden hintereinander eingeschaltet. Der Stickstoff liefert bei der prismatischen Analyse seines Lichts die gewohnten Banden, im Wasserstoff-Spectrum leuchten hell die charakteristischen Linien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$.

Im Falle der Richtigkeit der Wüllner'schen Hypothese über die Bedingungen der Spectra verschiedener Ordnung, wäre ein solches Ergebniss, nachdem der Wechsel des Entladungs-Rhythmus ausgeschlossen, eine Unmöglichkeit. Beide Röhren müßten Spectra derselben Ordnung geben. Eine directe Controle zeigte, daß beide Röhrenbilder im rotirenden Spiegel sich zu continuirlich erscheinenden Flächen ausdehnten.

Röhren, deren eine Elektrode sehr geringe Oberfläche

besitzt oder von einem engen nichtleitenden Röhrchen umschlossen ist, können je nach der Stromrichtung verschiedene Arten der Entladung geben. Ist die grofse oder freie Elektrode positiv, so bestehen zwei Entladungen aus einer mehr oder weniger grofsen Zahl einzelner Funken; die entgegengesetzte Stromrichtung zeigt ein continuirliches Lichtband.

Die Miteinschaltung einer solchen Röhre bei dem Stromverlauf von der grofsen zur kleinen Elektrode legt zwar jeder andern Röhre, die allein sich continuirlich entladet, ebenfalls die Entladung in Partialfunken auf, läfst aber ihr Spectrum ungeändert. Besteht eine Röhre aus verschiedenen Theilen, so giebt ein enger Theil oft das Linienspectrum, während an einem weitem nur Banden zu sehen sind; der Spiegel zeigt, dafs die Entladung in allen Theilen im selben Tacte verläuft.

Verdünn't man das Gas einer Röhre auf geringe Bruchtheile eines Millimeters Quecksilber, so besteht die Entladung ebenfalls aus einer Anzahl Funken, die der Spiegel nicht zu verbreitern vermag. Das Spectrum bleibt für die bei etwas höherer Dichte und continuirlicher Entladung ein Bandenspectrum liefernden Gase auch hier von der ersten Ordnung.

Häufig wechselt die continuirliche Entladung in derselben Röhre mit Funken, wenn die Stromintensität fällt, also z. B. bei zufällig schlechtem oder zu kurzem Schluß des inducirenden Stromes. Künstliche Verstärkung der Intensität beseitigt solche Funken, die Einschaltung feuchter Widerstände befördert ihr Zustandekommen. Die Spectra werden hierbei nicht alterirt. Sehr häufig sind derartige Funken im Beginn der Entladungen durch eine Röhre oder unmittelbar nach Umkehr der Stromrichtung sichtbar und verbinden ungeschichtet beide Elektroden. Das Bandenspectrum der Luft, des Kohlenoxyds usw. ist in allen diesen Gasen permanent.

(Da jede äufsere Funken-Einschaltung in der Röhre ein dem gewöhnlichen heterogenes Entladungsbild erzeugt,

welches für das Auge mit dem der continuirlichen Entladung sich superponirt, so ist es für das Studium der Entladung durchaus unzweckmäßig, den Schließungsstrom durch eine äußere Funkenstrecke zu beseitigen. Ich habe evacuirte Röhren, deren Dimensionen oder Gasdichte so gewählt sind, daß sie selbst vom Schließungsstrom nicht durchsetzt werden, benutzt. Natürlich beseitigen solche Röhren denselben dann auch für jede andere miteingeschaltete, der Untersuchung dienende Röhre.)

Fließt der Inductionsstrom durch verdünnte feuchte Luft, so treten im Spectrum mit den Banden des Stickstoffs auch die Linien des Wasserstoffs auf. Nach Wüllner müßten beide Spectra verschiedenen Formen der Entladung angehören, demnach das Röhrenlicht im Spiegel in scharlachrothe scharfe Bilder der Wasserstoff-Entladung und carmoisinfarbenen Bänder des Stickstoffs zerlegt werden. Der Spiegel giebt nur breite Felder von gleichmäßiger Färbung.

Durchsetzen die Entladungen des Inductions-Apparates Wasserstoff von geringer Dichte, welcher in geeignetem Verhältnisse mit Sauerstoff verdünnt ist, so ist das Licht in engern Röhren glänzend scharlachroth, im Spectrum leuchten die Linien mit blendender Helligkeit, weder Banden noch andere Linien sind sichtbar. (In einzelnen Versuchen waren zwei grüngelbe Linien nicht zu eliminiren.) Das Bild im Spiegel ist ein flammendrothes, langes leuchtendes Band von überall gleicher Farbe.

Da alles irgend intensive Roth hier auf die Linie *Ha* zusammengedrängt war, dürfte, wenn das Linienspectrum dem Funken angehört, die continuirliche Entladung kein Roth zeigen, dies vielmehr auf scharfe einzelne Entladungsbilder concentrirt werden, mit denen eine continuirliche Entladung in der Farbe contrastiren mußte.

Verlangsamt man den Gang des Unterbrechers am Rühmkorff'schen Inductions-Apparat, so steigert sich die Helligkeit der Entladung bis zu einer gewissen Gränze. Im letztbetrachteten Falle sieht man hierdurch bei jedem

Oeffnung
hell auf
lange,
Intensit
Man ka
und B
Man b
durch
Theile.
kleines
schmal
giebt i
durch
einem
lauf un
Wasser
zen Lü
zogen;
die Wa
der ve
fang b
gehöre
Ve
in glei
sen zu
Di
des In
einen
zerleg
lichem
Entlad
schließ
Er
stande
barem
trum
Da

Oeffnungsstrom im Spectrum *die Linien* des Wasserstoffs hell aufflackern, im Spiegelbilde dagegen erhellt sich *das lange, zusammenhängende Band*, gegenüber den bezüglichlichen Intensitäten bei schnellerem Gang des Neef'schen Hammers. Man kann sich unmittelbar davon überzeugen, daß Linien und Banden gleichen Entladungen angehören können. Man beruft eine Röhre auf einer Strecke und verdeckt durch Schirme oder ähnlich das Licht der unberufenen Theile. Auf der geschwärzten Strecke befreit man ein kleines Fleckchen (bei Capillarröhren zweckmäfsig einen schmalen Ring) wieder von dem Rufs. Die betr. Stelle giebt im rotirenden Spiegel eine schmale Lichtlinie, die durch ein Prisma mit ihrem Verlauf paralleler Kante zu einem Spectrum der Entladung in ihrem zeitlichen Verlauf umgewandelt wird. Das Spectrum des Lichtes enger Wasserstoffröhren ist unter solchen Umständen seiner ganzen Länge nach gemeinsam von Banden und Linien durchzogen; ebenso liefert das Arrangement den Beweis, daß die Wasserstofflinien bei der Entladung durch feuchte Luft der verbreitbaren Entladung ohne Unterbrechung von Anfang bis zu Ende ganz wie die Banden des Stickstoffs angehören.

Versuche mit dem Strom der Leydener Flasche sind in gleicher Weise geeignet, die Wüllner'sche Hypothesen zu widerlegen.

Die Flasche entladet sich im Allgemeinen nach Art des Inductionsapparats in einem Funken und einer durch einen Luftstrom zu trennenden, durch den Spiegel breit zerlegbaren Aureole. Nur wird bei einigermaßen erheblichem Widerstande der eingeschalteten Gasstrecke die Entladung fast ganz auf Funken reducirt, von denen schliesslich ein einziger die ganze helle Entladung bildet.

Erzeugt man durch passende Regulirung des Widerstandes in verdünnter Luft eine aus Funken und verbreitbarem Lichte gemischte Entladung, so besteht das Spectrum des glühenden Gases gleichwohl *nur aus Banden*.

Das Bandenspectrum ist selbst dann noch rein zu er-

halten, wenn man im rotirenden Spiegel nur ein unverbreitetes Bild der Röhre (ohne weiteres continuirliches Licht) erblickt.

Der Beweis, daß nicht etwa eine nach Wüllner hier zu erwartende continuirliche Entladung, die das Bandenspectrum giebt, in ein sehr langes und darum sehr mattes Lichtfeld aufgelöst sey, sondern daß wirklich der Funke das Spectrum erster Ordnung liefert, ist leicht zu führen. Man bewirkt durch eine geeignete Vorrichtung, daß jeder Umdrehung des Spiegels ein Schlußcontact für den Flaschenstrom entspricht. Das helle unverbreitbare Bild der Röhre erscheint dann annähernd stabil und kann mittelst des Prismas betrachtet werden, dessen Kante parallel der Längserstreckung der Röhre liegt. Die Beobachtung zeigt ein reines Bandenspectrum.

(Für enge Röhren genügt das beschriebene Verfahren direct, für weite wendet man wieder Berufung und Entfernung der Schwärze längs einer der Axe parallelen Linie, oder Aufkleben von zwei einen Saum zwischen sich lassenden dunkeln Papierstreifen an.)

Bei größserem Widerstande der Luft beginnt das Spectrum zweiter Ordnung sich zu zeigen, und das Bild im Spectralapparat ist aus Theilen des Linien- und des Bandenspectrums zusammengesetzt. Auch jetzt kann man durch Regulirung des Widerstandes die Entladung im rotirenden Spiegel auf *ein* Bild zurückführen, und bei prismatischer Betrachtung giebt diese *eine* Entladung das aus Banden und Linien gemischte Spectrum.

Entsprechend sind die Resultate für Wasserstoff.

Mit dem Ergebniss dieser Versuche scheint die Ansicht nicht mehr vereinbar, daß gleichartige Theilchen das Linien- wie das Bandenspectrum liefern. Auch die Entladungen in Natriumdampf wie in vergastem Quecksilber werden durch den bewegten Spiegel verbreitert werden. Daß diese Stoffe Linienpectra liefern, ist bekannt.

Werden zwei, verschieden weite Röhren mit Luft hintereinander in den Schließungsbogen der Flasche einge-

schalt
hättnis
densp
daß j
beiden
In
Röhre
in den
dann
engen
nehme
zen R
Sta
weiten
gelbro
Linien
lich z
giebt
rotiren
röthlic
hungs
De
Ausna
den si
des P
von d
rungs-
ich we
Du
ich de
Spectr
Form,
scheine
Au
Funke
sehr w
Gases,

schaltet, so liefert — bei sonst passend gewählten Verhältnissen — die engere das Linien-, die weite das Bandenspectrum der Luft. Im rotirenden Spiegel sieht man, daß jeder Röhre nur *ein* Bild entspricht, daß demnach in beiden Funken Entladung stattfindet.

In einer aus verschiedenen weiten Theilen bestehenden Röhre kann man bei Flaschen-Entladung häufig an den in den weiten Theilen liegenden Elektroden Linienpectrum, dann eine Strecke weit Bandenspectrum, dann gegen den engen Theil zu und in diesem wieder Linienpectrum wahrnehmen. Wie zu erwarten, ist der Rhythmus in der ganzen Röhre identisch.

Starke Flaschenfunken in ziemlich dichter Luft und weiten Röhren haben oft nahe dem negativen Ende eine gelbrosa Stelle, in deren Spectrum, bei Abwesenheit aller Linien, die Banden des Stickstoffs mehr oder weniger deutlich zu erkennen sind. Die ganze übrige Funkenlänge giebt ein linienreiches Spectrum zweiter Ordnung — der rotirende Spiegel stellt den weißen Funken mit seiner röthlichen Schaltstelle als *ein* scharfes Bild dar. (Umdrehungsgeschwindigkeit etwa 40 pro Secunde.)

Der überwiegende Eindruck, den das Spectrum der Ausnahmestelle macht, ist der der Continuität. Die Banden sind sämmtlich verschwommen, bei bester Ausbildung des Phänomens sind nur noch die blauen und violetten von dem erleuchteten Grunde zu trennen. Einen Erklärungs-Versuch für dieses eigenthümliche Verhalten gedenke ich weiter unten zu geben.

Durch die vorstehend beschriebenen Versuche glaube ich den Beweis geliefert zu haben, daß das Auftreten der Spectra verschiedener Ordnung unabhängig ist von der Form, unter welcher die sie erzeugenden Entladungen erscheinen.

Auch mit der zweiten Behauptung Wüllner's: „Im Funken sind es immer und unter allen Umständen nur sehr wenige Molecüle, also eine sehr dünne Schicht des Gases, welche leuchten“ — sind meine Versuche nicht in

Einklang zu bringen. Ich habe in verdünnten Gasen Funken von mehreren Centimetern Durchmesser erhalten können. Das Licht solcher Funken in Luft ist blau oder rosa, mit den Nüancen, die durch Intensitätsänderungen und den verschiedenen Sättigungsgrad dieser Farben hervorgerufen werden.

Das Licht dicker Funken in Wasserstoff ist bläulich-weiß, fleischfarben, weizengelb, gelbroth und blutroth.

Nicht nur Funken, die ein Bandenspectrum liefern, sondern auch Funken-Entladungen mit Linienspectrum, welche Klasse Wüllner bei seiner Behauptung im Sinne hatte, können von erheblicher Dicke, welche die mancher Bandenspectra liefernden Entladung im selben Gase übertrifft, gewonnen werden.

Bei Anwendung von Flaschen, welche ausserdem eine Luftstrecke zu durchschlagen haben, gelingt es, in dünner Luft (blau-) weisse, in Wasserstoff rothe Funken zu erzeugen, welche die bezüglichen Linienspectra geben, und die in verschiedenen Versuchen bei noch geringer Schlagweite der benutzten Flaschen Röhrentheile von $1\frac{1}{2}$ Ctm. Weite ausfüllten. Erfahrungen am negativen Lichte, welche in einer Beziehung hieher gehören, werde ich weiter unten anführen.

Eine fernere Behauptung Wüllner's besagte, daß die das Bandenspectrum producirende Entladung immer eine relativ dicke Schicht Gas zum Leuchten bringe. Die Relation ist auf den Durchmesser der Entladung mit Linienspectrum bezogen.

Zum Theil enthält schon das Vorangehende Material für die Widerlegung dieser Ansicht. In capillaren Röhren kann man für Luft ein reines Bandenspectrum erhalten, während, wie angeführt, Linienspectra von viel stärkeren Luftsäulen erzeugt werden können.

Der in dichter Luft dünne, weisse von einer Aureole umgebene Inductionsfunke tritt bei Steigerung der Dichte nicht plötzlich auf, sondern entwickelt sich durch Farbenänderung aus einem ebenso dünnen gelben Faden, welcher

in en
trum
rotire
Dicke
Linien
In
bei r
sitäte
Seiten
komm
trum
N
nicht
lung
keit
Einsc
dicke
Cond
ein B
S
Entst
länge
Sp
gewis
schon
Darst
D
der
seyen
den
selbst
word
wisse
je na
der
jeden
erhal

in engen Röhren auch isolirt auftreten kann. Das Spectrum dieses gelben Fadens besteht aus Banden, der rotirende Spiegel weist die Funkennatur nach, — seine Dicke ist weit geringer als die starker Flaschenfunken mit Linienspectrum.

In weiten Röhren gehen von der positiven Elektrode bei relativ hohen Dichten und angemessenen Strom-Intensitäten carmoisinfarbene dünne Entladungen nach allen Seiten wie Aeste eines Baumstammes aus; ihre Dicke kommt oft kaum der eines Zwirnfadens gleich; ihr Spectrum besteht aus *Banden*.

Nach all diesem ist nun natürlich auch die Annahme nicht statthaft, dass das Bandenspectrum aus der Strahlung einer dicken Schicht durch Superposition der Helligkeit oder auswählende Absorption hervorgehe; giebt ja bei Einschaltung der Flasche eine mehr als ein Centimeter dicke Schicht noch ein Linienspectrum, während ohne Condensator selbst die capillare Gassäule derselben Röhre ein Bandenspectrum liefert.

Sonach dürfte die Wüllner'sche Hypothese über die Entstehung der Spectra von verschiedener Ordnung nicht länger begründet erscheinen.

Specielle Einwände, wie den Nachweis, dass sie für gewisse Gase unter den Wüllner'schen Voraussetzungen schon logisch unhaltbar, muß ich auf eine eingehendere Darstellung des Ganzen verschieben.

Die Annahme, dass gewisse Aenderungen und Phasen der Gasspectren an bestimmte Druckwerthe geknüpft seyen, liegt fast allen seit Wüllner's erstem Aufsatz über den Gegenstand erschienenen Arbeiten zu Grunde und ist selbst zur Grundlage weitreichender Speculationen gemacht worden. Man hält die Druckhöhen, bei denen eine gewisse Form des Spectrums auftritt, zwar für verschieden, je nachdem der einfache Inductionsstrom oder die Entladung der Leydener Flasche das Gas zum Glühen bringt, — für jeden dieser Modi aber scheinen die in concreten Versuchen erhaltenen Zahlenwerthe als physikalische Constanten zu

gelten, die nur nach der chemischen Beschaffenheit der Substanz verschieden sind.

Ich kann auf die Literatur über den Gegenstand hier nicht eingehen und beschränke mich auf Wiedergabe meiner Versuche.

Eine Röhre enthielt nur *eine* eingeschmolzene Elektrode, das andere Ende war durch einen Kautschukpfropfen verschlossen, durch den eine Stecknadel ging. Um den Pfropfen gelegtes Siegelack, um die äußere Eintrittsstelle der Nadel gegossenes Quecksilber verhiinderten die Communication des Röhreninhalts mit der Atmosphäre, ohne die Beweglichkeit der Nadel aufzuheben. In dem Maasse wie die anfängliche geringe Distanz der Elektroden bei constanter Dichte (die zwischen 50^{mm} und 760^{mm} gewählt wurde) vergrößert wurde, wurde das Bandenspectrum matter, und successiv traten mit wachsender Entfernung der Spitzen die Linien des Spectrums zweiter Ordnung bis zur vollständigen Ausbildung desselben hervor. Die Reihenfolge des Auftretens der einzelnen Linien entsprach der, welche bei Erzeugung des Linienspectrums durch bloße Erhöhung der Dichte stattfindet. — Beim Hineinschieben der Nadel verschwanden die Linien wieder in der umgekehrten Folge ihres Auftretens, und es blieb schliesslich das reine Bandenspectrum zurück. —

Wie schon (S. 139) erwähnt, haben Flaschenfunken mit Linienspectrum häufig eine röthliche Stelle, deren Spectrum aus Banden besteht.

Nicht selten findet sich, dafs die Entladung einer Röhre bei der einen Stromrichtung ein Linienspectrum giebt, während die bloße Umkehr des Stromes genügt, um ein reines Bandenspectrum zu erhalten.

Bei Flaschen-Entladungen kann man die Widerstände nicht so arrangiren, dafs in verdünnter Luft durch die Funken eben noch ein Bandenspectrum erzeugt wird, während die Flasche durch ein Inductorium geladen wird, dessen Stromintensitäten mit dem schnelleren oder langsameren Gang seines Unterbrechers begreiflicherweise ver-

riabe
eben
dense
zwing
nung
einer
Flasc
äufse
man
nung
überf
De
const
Verb
einer
sind
mehr
Röhre
In
desto
äufse
D
schied
Linien
Gase
Dichte
Sc
stoffs
Breite
Länge
gestell
Be
Versu
inges
dung
prüfen

riabel sind. Es genügt, wenn das Bandenspectrum noch eben bei schneller Vibration des Hammers erhalten wurde, denselben durch Belastung zu langsamerem Tempo zu zwingen, um das Spectrum sofort in das der zweiten Ordnung zu verwandeln. — Läßt man die (geringe) Dichte einer engen Röhre, die ein Bandenspectrum auch bei Flaschen-Entladung liefert, constant, und vergrößert die äußere Schlagweite der eingeschalteten Flasche, so kann man das Bandenspectrum in das aus Spectren beider Ordnungen gemischte, endlich in das reine Linienspectrum überführen.

Der Einfluß des Wechsels der Stromintensität ist bei constant gehaltener Dichte in frappanter Weise an den Verbreiterungen der Wasserstofflinien zu controliren: In einer aus verschieden weiten Theilen bestehenden Röhre sind bei Flaschen-Entladung die Wasserstofflinien desto mehr verbreitert, je enger der das Gas umschließende Röhrentheil ist.

In einem und demselben Röhrentheil werden die Linien desto breiter, je größer die Luftstrecke ist, welche man außerdem in den Schließungsbogen einschaltet.

Durchläuft derselbe Strom mehrere Röhren von verschiedener (aber ebenfalls constanter) Dichte, so sind die Linien in einem sehr engen Rohr mit stark verdünntem Gase breiter als in einem weiten mit Gas von relativ hoher Dichte.

Schaltet man in den Strom, der die Linie des Wasserstoffs verbreitert, einen feuchten Faden ein, so wird die Breite der Linien geringer, und durch eine genügende Länge des Fadens wird ihre volle Schärfe wiederhergestellt.

Bei gewissen geringen Drucken wurden in bestimmten Versuchen die Linien reinen Wasserstoffs trotz großer eingeschalteter Funkenstrecken durch die Flasche-Entladung nur noch sehr unerheblich verbreitert. Es war zu prüfen, ob in der That Dichtigkeitsgrenzen bestehen, unter-

halb deren eine Aenderung des Spectrums durch die Temperatur nicht mehr bedingt ist.

Da bei Anwendung feuchter Luft für Entladungen des einfachen Inductionsstromes die Linien des Wasserstoffs zugleich mit den Banden des Stickstoffs auftreten, so deutet dies auf eine Hitze der continuirlichen Entladung des letzteren, welche der Funkentemperatur des Wasserstoffs gleichkommt. Von der starken Funken-Entladung mit Linienspectrum im Stickstoff war daher eine die Funkentemperatur des ersteren Gases weit übertreffende Hitze zu erwarten, und das *Glühen des Wasserstoffs im Stickstofffunken* mußte denselben weit höheren Temperaturen und ihren Einwirkungen aussetzen, als die Funken-Entladung in reinem Wasserstoffgase selbst.

In der That zeigten sich die Linien des dem Stickstoff beigemengten Wasserstoffs viel stärker verwaschen, als die des reinen Gases bei demselben Druck.

Wurde zu einer constanten Menge Wasserstoffs Luft hinzugelassen, so daß der partiäre Druck constant blieb, so verbreiterten sich seine Linien.

Versuche, die eine äußere Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen haben, sind — ebenfalls im vorigen Jahre — von Stearn und Lee angestellt und im Phil. Mag. f. 1873 beschrieben.

Während aber der leitende Gedanke des Verfassers, den sie durch ihre Experimente schliesslich auch verificirt glauben, der ist: daß der Grund der Linienverbreiterung nur von der Spannung der auf einmal durchgehenden Electricität — also nur von dem absoluten Betrage des Gesamtwiderstandes im Schließungsbogen — abhängt, waren meine Versuche gerade hervorgegangen aus der Voraussetzung, daß eine solche Annahme unzulässig sey und der Beweis hiefür, wie ich glaube, durch sie geführt: Bei gleicher Summe der Widerstände giebt die Flasche viel stärkere Verbreiterungen, wenn die Luft, der Träger des größten Widerstandes, dem Wasserstoff beigemengt ist,

als w
Luft
durch
Weis
wasch
Wass
stoffg
bisher
Wider
Stick
Nebel
den
trach
D
Zust
Dich
Temp
D
Wül
theor
zahl
einig
Wass
N
Linie
gehe
schlie
Linie
weite
für u
nehm
stori
seits
Temp
Z
erstr
Pog

als wenn man, den größten Widerstand in Gestalt einer Luftstrecke nach außen verlegend, den Funken der Röhre durch reinen Wasserstoff gehen läßt. Ich habe auf solche Weise mit einer einzigen Flasche noch erhebliche Verwaschungen der Linien erhalten bei partiären Drucken des Wasserstoffs von weniger als $\frac{1}{100}$ Mm. Reines Wasserstoffgas von so minimaler Dichte bietet dem Strome der bisher construirten Inductions-Apparate unüberwindliche Widerstände; es ist also in den obigen Versuchen der Stickstoff, der dabei ein helles Spectrum liefert, nicht als Nebeneinschließung, sondern als alleiniger Leiter, durch den der beigemengte Wasserstoff nur erhitzt wird, zu betrachten.

Die Versuche lassen mich glauben, daß ein beliebiger Zustand des Spectrums bei beliebiger noch so geringer Dichte herstellbar ist, falls das Gas einer genügend hohen Temperatur ausgesetzt wird.

Die Constitution einer Reihe von Gasspectren hat bei Wüllner detaillirte Beschreibung gefunden: wegen der theoretischen Betonung, die der Entdecker auf eine Anzahl seiner Resultate legt, mag es gestattet seyn, hier einige davon abweichende Ergebnisse zunächst für den Wasserstoff zusammenzustellen.

Nach Wüllner reicht das Spectrum der verbreiterten Linien und das durch Temperaturerhöhung daraus hervorgehende ganz continuirliche Spectrum von $H\alpha$ bis $H\gamma$ und schließt plötzlich mit der letztern etwas verbreiterten Linie ab. Eine weitere Ausdehnung des Spectrums bei weiterer Erhöhung der Gasdichte hält Wüllner sogar für unwahrscheinlich. — Ich habe sehr deutlich $H\delta$ wahrnehmen können, die sich bei Wüllner nur in der historischen Einleitung erwähnt findet. Diese Linie, *jenseits* $H\gamma$ liegend, ist es, die bei steigender Dichte oder Temperatur sich zuerst verbreitert.

Zwischen $H\alpha$ und $H\delta$ und über letztere Linie hinaus erstreckt sich bei noch gar nicht starken Verbreiterungen

bereits deutlich ein ganz continuirliches Spectrum, an seiner brechbarern Grenze vielleicht der Verbreiterungsgrenze von $H\delta$ entsprechend — obwohl theoretisch gar kein genügender Grund zu einer derartigen Verknüpfung vorliegt. Jedenfalls aber ist bei noch gar nicht sehr hohen Temperaturen das Spectrum schon viel länger als Wüllner für den Zustand der völligen Ausbildung des continuirlichen Spectrums angegeben.

Das erste Spectrum des Wasserstoffs schließt nach Wüllner zwischen $H\beta$ und $H\gamma$. Ich habe es viel weiter verfolgen können. Die starke Fluorescenz der Glasröhren, welche das Licht erregt, hätte längst zeigen müssen, daß das Spectrum viel länger, als bisher angegeben, ist.

Die Helligkeitsvertheilung in dem continuirlichen Grunde mancher Linienspectra schien mir derart mit der relativen Intensität der einzelnen Stellen im Spectrum erster Ordnung übereinzustimmen, daß ich versuchte, von einem Bandenspectrum durch Temperaturerhöhung direct zu einem continuirlichen Spectrum zu gelangen.

Dies ist mir für Stickstoff in befriedigender Weise gelungen, für eine eingehendere Untersuchung des Wasserstoffs in dieser Beziehung reicht leider vorläufig die Zeit nicht aus — einem einzelnen bejahend ausgefallenen Versuche lege ich kein sonderliches Gewicht bei.

Bei den geringsten Dichten, bei welchen Flaschenentladungen noch durch eine mit Luft gefüllte enge Röhre gehen, Bruchtheilen eines Millimeters, erhält man das Spectrum zweiter Ordnung; läßt man nun, stets Flaschenentladungen benutzend, die Dichte *steigen*, so erlöschen die Linien, und das Bandenspectrum tritt auf; steigt nun die Dichte noch weiter, so wächst die Helligkeit der mattern Bandentheile erheblich stärker als die der stärkern Maxima, das Helligkeitsverhältniß erreicht als Grenze die Einheit, und successive werden immer mehr Banden durch gleichmäßige continuirlich erhellte Streifen ersetzt; ich konnte das continuirliche Spectrum, in welchem das Auge trotz großer Helligkeit des Ganzen keine einzelne Bande

mehr
dehn
war
in d
ist m
des S
kaum
licher
übern
ken v
so tri
reits
Ich
schei
D
lichen
diesel
Spect
sobal
dem
schon
Ich
Hälfte
Blau
Zeilen
bezüg
Aeufse
Stelle
ist ja
funke
— Ae
Luft l
Da
oft dis
bezüg
möcht

mehr unterscheidet, vom Roth bis ins Violett hinein ausdehnen, nur die äußersten Banden am brechbaren Ende waren noch deutlich. Da die Ausbildung der Continuität in der Richtung nach dem brechbaren Ende vorschritt, ist mir das Continuirlichwerden auch des äußersten Theiles des Spectrums bei einem noch günstigeren Arrangement kaum zweifelhaft. Die absolute Helligkeit des continuirlichen Spectrums war nicht so gross, daß an eine durch übermäßige Lichtintensität vereinfachte Täuschung zu denken war. Wird die Dichte nun noch weiter vergrößert, so tritt wieder das Linienspectrum auf und zwar auf bereits continuirlich erhelltem Grunde.

Ich habe mich überzeugt, daß die überschriebene Erscheinung kein Fluorescenzphänomen ist.

Die Entladung gewinnt beim Auftreten des continuirlichen Spectrums eine charakteristische Färbung. Während dieselbe weiß für das Linienspectrum, rosaroth für das Spectrum erster Ordnung ist, wird das Licht gelbrosa, sobald das continuirliche Spectrum erscheint, — so daß dem Auge die betreffende Phase ohne Spectralapparat schon durch die bloße Betrachtung der Röhre markirt wird.

Ich habe oben einer gelbrosa Strecke in der negativen Hälfte mancher Flaschenfunken gedacht, die ein bis ins Blau continuirliches Spectrum liefert: die vorhergehenden Zeilen dürften eine Erklärung der Erscheinung (wenigstens bezüglich der Spectraleigenthümlichkeit) enthalten. Das Aeußerliche der Erscheinung, daß sich im Funken eine Stelle von abweichender Farbe und Helligkeit befindet, ist ja im Princip durch Beobachtungen an Maschinenfunken von Adams, Knoch, Dove u. A. schon bekannt. — Aehnliches habe ich auch an Inductionsfunken in dichter Luft bemerkt.

Das Spectrum des blauen Lichtes an der Kathode ist oft discutirt worden; ich verschiebe die Mittheilung meiner bezüglichen Erfahrungen auf eine andere Gelegenheit. Nur möchte ich hier darauf aufmerksam machen, daß Farbe

und Spectrum dieses Lichts nicht stets identisch sind. Am Frappantesten sind die bezeichneten Aenderungen, wo das negative Licht mit den optischen Eigenschaften des positiven auftritt.

Bei hohen Verdünnungen nehmen die von der zweiten nach außen gelegenen negativen Schichten Farbe und Spectrum des positiven Lichts an.

Bei Flaschenentladungen von größerer Intensität ist das gesammte Licht an der Kathode weder durch seine Farbe noch durch das Prisma von dem des positiven Stromes zu unterscheiden. Die Tendenz, sich in die magnetischen Curven einzustellen, ist dabei noch vorhanden. Aber auch fern von der Kathode kann negatives Licht auftreten.

Sind an Röhren, wie an den für Spectralzwecke benutzten, oder an vielen als Effectstücke in den Handel gebrachten: Cylindern, Kugeln, Ellipsoide etc. abgeschnürt, so verhält sich jeder dieser Theile bei der Entladung mit hoher Annäherung wie eine selbstständige Röhre, die ihre Elektroden an den beiden Eintrittsstellen des Stroms hat. An der negativen Eintrittsstelle zeigt sich dann Licht, welches durch seine geradlinige Verbreitung die Fähigkeit, Fluorescenz zu erregen, und die Eigenschaft, unter dem Einfluß des Magnetes sich in die magnetischen Curven einzustellen, sich als negatives Licht charakterisirt. Seine Form entspricht dem Lichte, welches von einer Kathode, deren Fläche die Eintrittsstelle ausfüllt, entspringen würde. Der diffuse Lichtnebel, welcher sich um eine solche mehr oder weniger punktförmige Elektrode bildet, ist bei dem neugefundenen Auftreten negativen Lichtes durch Licht von fast der Farbe des positiven repräsentirt; in seinem Spectrum, das im Allgemeinen mit dem des positiven Lichtes übereinstimmt, scheinen einzelne Maxima des negativen Lichtes allerdings schärfer hervorgehoben, als die entsprechenden Wellenlängen positiven Lichtes. Dem Bündel, welches, durch Helligkeit ausgezeichnet, senkrecht auf der Kathode aufsteht und die Mittelaxe der

Ersc
der
I
nung
bleib

(Ueb

V
o
scha
dema
Spec
spect
stand
in de
dafs
Linie
Gase
wenn
brach
Vers
Kirc
sion
Zöll
exper
versch
die E
ten C
Induc
führte

Erscheinung bildet, entspricht hier wieder ein Bündel von der Farbe des negativen Lichts.

Das Detail dieser und gleichzeitiger anderer Erscheinungen muß einer ausführlicheren Mittheilung vorbehalten bleiben.

VIII. *Ueber die Spectra der Gase; von W. Wüllner.*

(Uebersandt vom Hrn. Verf. aus d. Verhandl. d. naturwiss. Gesellschaft zu Aachen, December 1874.)

Vor etwa zwei Jahren hatte ich die Ehre, der Gesellschaft eine Erklärung der verschiedenen von einem und demselben Gase im Zustande des Glühens gelieferten Spectra, insbesondere der Bandenspectra und der Linienspectra vorzulegen. Das Wesentliche der Erklärung bestand darin, daß das Bedingende dieser Verschiedenheit in der Dicke der jedesmal leuchtenden Gasschicht liege, daß ein Gas jedesmal dann im glühenden Zustande das Linienspectrum liefere, wenn nur wenige Molecüle des Gases leuchten, daß dagegen das Bandenspectrum auftrete, wenn eine dickere Schicht des Gases zum Glühen gebracht werde. Ich zeigte, wie unter dieser Annahme die Verschiedenheit der Spectra eine nothwendige Folge des Kirchhoff'schen Satzes über das Verhältniß der Emission und Absorption sey, indem ich einige, von Hrn. Zöllner zuerst angewandte Entwicklungen benutzte. Als experimentelle Bestätigung dieser meiner Erklärung der verschiedenen Gasspectra theilte ich meine Versuche über die Entstehung der verschiedenen Spectra in mit verdünnten Gasen gefüllten Röhren mit, durch welche ich den Inductionsstrom eines großen Inductionsapparates hindurchführte. Die Versuche hatten nämlich ergeben, daß das

in diesen Röhren eingeschlossene Gas stets *nur* das Bandenspectrum liefert, wenn der Strom in der Form der funkenlosen Entladung, die ich später (Pogg. Ann. Jubelband) das positive Büschellicht genannt habe, die Röhre durchsetzt. Diese Entladungsform erfüllt mehr oder weniger die ganze Röhre, bringt also immer mehr oder weniger dicke Schichten des Gases zum Leuchten. Das Linienspectrum tritt dagegen *nur* dann auf, wenn die Entladung in Form des eigentlichen elektrischen Funkens die Röhre durchsetzt, und ist um so vollständiger ausgebildet, je heller der Funke ist. In dem fast momentan die Röhre durchsetzenden Funken kommen nur die auf der directen Funkenbahn liegenden Molecüle zum Leuchten; er liefert also eine fast lineare leuchtende Molecülreihe.

In dem Monatsberichte der Berliner Akademie für August dieses Jahres hat nun Hr. Goldstein eine Anzahl Versuche mitgetheilt, welche diese meine Erklärung widerlegen sollen. Der wesentlichste Theil dieser Versuche besteht darin, daß Hr. Goldstein in den Kreis des Inductionsstromes, welcher die mit verdünnten Gasen gefüllten Spectralröhren enthält, eine Funkenstrecke in freier Luft einschaltet, zuweilen mit gleichzeitiger Einführung einer Leydener Flasche, so daß an der Stelle der Strom in einem Funken übergehen muß. Er zeigt dann, daß in dem ganzen Stromkreise die Entladung im gleichen Rythmus erfolgt, daß der Strom also auch in der mit verdünntem Gase gefüllten Röhre ebenso momentan übergeht, und schließt dann, daß auch dort die Entladung in Form des Funkens erfolge, daß somit das Gas das Linienspectrum zeigen müsse. Da sich dort nun in der Regel das Bandenspectrum zeigt, so glaubt er, daß diese Erscheinung mit meiner Erklärung im Widerspruch sey.

Ich habe gleich nach Kenntnißnahme dieser Mittheilung des Hrn. Goldstein an Hrn. Helmholtz eine Erwiderung geschickt, mit der Bitte, dieselbe der Akademie mitzutheilen. Dieselbe wird wohl in dem Monatsberichte für November erscheinen. Da es aber immerhin wohl

noch einige Zeit dauert, bis dieser Monatsbericht herauskommt (der Monatsbericht für August ist hier erst im November ausgegeben), so erlaube ich mir das Wesentliche meiner Erwiderung der Gesellschaft vorzulegen.

Die von Hrn. Goldstein in seiner Abhandlung beschriebenen Beobachtungen kann ich im Großen und Ganzen bestätigen; ich habe dieselben bereits im vorigen Jahre gemacht bei meinen Versuchen über die Entladungen des Inductionsstromes durch mit verdünnten Gasen gefüllte Räume, von denen ich einen kleinen Theil im Jubelbande von Poggendorff's Annalen mitgetheilt habe, und die zu beenden ich durch die Neubearbeitung der dritten Auflage meiner Physik gehindert wurde. Ich fand aber in diesen Beobachtungen die beste Bestätigung meiner Erklärung der Gasspectra und würde sie als solche mitgetheilt haben, wenn ich hätte voraussehen können, daß sie zu Mißverständnissen, wie diejenigen des Hrn. Goldstein hätten führen können. Das Mißverständniß bei Hrn. Goldstein liegt nämlich darin, daß in den verdünnten Gasen die ebenso wie in der Funkenstrecke momentane Entladung auch ebenso wie in dieser in Form eines eigentlichen Funkens übergehen soll, daß also in den verdünnten Gasen nur wenige Molecüle zum Leuchten kommen.

Daß gleicher Rythmus der Entladung nicht auch die gleiche Form des Ueberganges der Elektricität bedingt, das habe ich schon in meiner Arbeit über die Entstehung der verschiedenen Spectra gezeigt, indem ich fand, daß in einer mit Wasserstoff gefüllten Röhre der eigentliche, das Linienspectrum liefernde Funke nicht in der ganzen Röhre auftritt, daß bei gewissen Drucken des Gases die Entladung von der positiven Elektrode als Funke ausgeht, daß aber etwa in der Mitte der Röhre der Funke verschwindet und der ausgebreiteten Entladung Platz macht. Wie ich damals gezeigt habe, erscheint bei spectraler Untersuchung einer solchen Röhre das Linienspectrum nur so weit, wie der eigentliche Funke reicht; unterhalb desselben, wo der Funke in die ausgebreitete Entladung

übergegangen ist, erscheint nur das continuirliche Spectrum.

Gerade wie dort in einer und derselben Röhre die übergehende Elektrizität eine gewisse Strecke die Form eines Funkens, eine andere Strecke die Form der ausgebreiteten Entladung annimmt, gerade so ist es in dem Stromkreise, wenn man an einer Stelle eine mit verdünnten Gasen gefüllte Röhre, an anderer Stelle eine Funkenstrecke einschaltet. Selbst wenn man in den Stromkreis gleichzeitig eine Leydener Flasche einführt, geht in dem verdünnten Gase die Entladung erst dann in Form des Funkens über, wenn der Druck des Gases einen gewissen Werth erreicht hat. Wendet man bei diesen Versuchen keine Leydener Flasche an, so kann man bei gewissen Drucken des Gases durch Vergrößerung oder Verkleinerung der neben der mit verdünntem Gase gefüllten Röhre eingeschalteten Funkenstrecke in dem verdünnten Gase willkürlich die ausgebreitete Entladung oder den eigentlichen Funken hervorrufen.

Zum Beweise dessen theile ich nur eine Versuchsreihe vom 31. März 1873 mit, welche ich gemeinschaftlich mit Hrn. Dr. Winkelmann angestellt habe, indem ich aus derselben nur jene Beobachtungen herausnehme, welche auf die augenblickliche Frage Bezug haben. Ich bemerke dabei, daß die Versuche keineswegs zur Untersuchung der Spectralerscheinungen, sondern zur Untersuchung der Entladungsformen angestellt wurden, und daß nur zufällig die Spectra der Entladungen nebenbei beobachtet worden sind. Die angewandte Röhre hatte überall die gleiche Weite von 2 Ctm., der Abstand der Elektroden spitzen war 8 Ctm. Neben der Röhre war ein Riefs'sches Funkenmikrometer eingeschaltet. Das in der Röhre enthaltene Gas war Luft. Die Art der Entladung wurde in einem rotirenden Spiegel beobachtet.

So lange der Druck des Gases kleiner als 100^{mm} war, zeigte sich der Uebergang der Elektrizität in der Röhre

selbs
Form
Entla
sond
die I
Spec
bilde
liche
spec
es tr
steht
Bei
strec
Fun
sche
da k
kon
strec
halt
klein
tiren
lich
tane
von
Wo
tritt
troch
reich
zen
lad
2 C
bre
den
wu
ges
Fu

selbst bei Einschaltung großer Funkenstrecken stets in Form einer die Röhre mehr oder weniger ausfüllenden Entladung, und die GröÙe der Funkenstrecke hatte besonders bei kleinen Drucken des Gases nur Einfluß auf die Farbe des in der Röhre auftretenden Lichtes. Das Spectrum des Lichtes war ein mehr oder weniger ausgebildetes Bandenspectrum, das heißt es war ein continuirliches, in welchem die Schattirungen des schönen Luftspectrums mehr oder weniger vollständig ausgebildet waren; es traten aber nie Linien des Linienspectrums auf. So steht in dem Beobachtungsprotocoll unter andern vermerkt: Bei 22^{mm} Druck der Luft wird das bei kleiner Funkenstrecke röthliche Licht durch Einschalten einer großen Funkenstrecke weißlich blau, das Spectrum desselben scheint weniger schattirt, es zeigt sich aber keine Linie, da kein Funke da ist.

Erst als der Druck des Gases auf 100^{mm} gestiegen war, konnte man durch Einschalten einer größeren Funkenstrecke außerhalb auch in der Röhre einen Funken erhalten. War die Funkenstrecke im Funkenmikrometer kleiner als 10^{mm}, so zeigte das Bild der Entladung im rotirenden Spiegel zunächst einen schwach leuchtenden, bläulich gefärbten, in der Röhre sich ausbreitenden momentanen Uebergang der Elektrizität, auf welcher dann die von mir im Jubelbande beschriebenen eigenthümlichen Wolkenformen folgten. Bei einer Funkenstrecke von 10^{mm} tritt zuerst ein schwaches Fünkchen an der positiven Elektrode auf, welches aber nicht weit in die Röhre hineinreicht, und welches im rotirenden Spiegel als feine glänzende Lichtlinie erscheint, mit welcher das Bild der Entladung beginnt. Das Fünkchen hat eine Länge von 1 bis 2 Centm.; weiterhin verschwindet es und geht in die ausgebreitete Entladung über. Es zeigt sich also dieselbe Art der Entladung, welche früher bei Wasserstoff beobachtet wurde. Mit Vergrößerung der außerhalb der Röhre eingeschalteten Funkenstrecke wird der glänzende weiße Funke länger, und ist die außerhalb eingeschaltete Funken-

strecke etwa 30^{mm}, so springt der Funke zuweilen von Elektrode zu Elektrode.

So wie der Funke auftritt, zeigen sich in dem Spectrum die Linien des Linienspectrums, und zwar wie immer zuerst im grünen. Das Spectrum zeigt aber die Linien nur dort, wo der Funke vorhanden ist; betrachtet man Theile der Röhre, in denen der Funke verschwunden ist, so erscheint keine Spur einer Linie des Linienspectrums.

Wurde der Druck der Luft bis auf 150^{mm} gesteigert, so waren die Erscheinungen ähnliche; auch hier trat in der Entladung der Funke erst auf, wenn die außerhalb der Röhre eingeschaltete Funkenstrecke 10^{mm} betrug. Dabei zeigte dann der Funke oft einen sehr eigenthümlichen Verlauf, welcher für eine Funkenstrecke von 12^{mm} sich folgendermassen darstellte. Aus der positiven Elektrode springt der feine, im weissen Licht leuchtende Funke bis zu 1 Centm. Abstand hervor, dort verschwindet derselbe auf eine Strecke von 1 Centm. und dann tritt er wieder auf 1 Centm. Länge hervor; es bildet sich also ein unterbrochener Funke aus. Erst wenn die Funkenstrecke außerhalb vergrößert wird, erscheint der Funke ununterbrochen; mit Verlängerung der Funkenstrecke wird auch der Funke in der Röhre länger, und ist dieselbe etwa 30^{mm} geworden, so springt der Funke in der Regel von Elektrode zu Elektrode.

Auch hier zeigt sich sofort, wie der Funke auftritt, das Linienspectrum des Stickstoffes, und zwar schon ziemlich vollständig ausgebildet; es treten zu den grünen schon die rothen und gelben Linien hinzu, aber auch jetzt zeigen sich im Spectrum des Röhrenlichtes die Linien nur soweit, wie der eigentliche Funke geht, wo er ausgebreitet ist, nur das wenig helle Bandenspectrum, so daß, wie im Beobachtungsprotocoll vermerkt steht, man im Spectrum scharf sehen kann, wie weit der Funke reicht, ebenso scharf wie im rotirenden Spiegel.

Ich habe, wie ich vorhin erwähnte, in diesen Beobachtungen die beste Probe für die Richtigkeit meiner Er-

klärung der Spectra gesehen, denn dieselben zeigen, daß es einerlei ist, ob das Gas durch das positive Büschellicht oder durch eine momentan übertretende, aber die ganze Röhre füllende Entladung zum Leuchten gebracht wird; so wie eine dickere Schicht des Gases leuchtet, zeigt sich das mehr oder weniger ausgebildete Bandenspectrum. Das Linienspectrum erscheint nur, wenn die Molecüle der eigentlichen Funkenlinie leuchten.

Ich will hier gleichzeitig noch die Erklärung einer andern Spectralerscheinung geben, welche Hr. Goldstein ebenfalls als im Widerspruch gegen meine Erklärung der Spectra ansieht. Schaltet man in den Inductionsstrom gleichzeitig eine lufthaltige und eine mit Wasserstoff gefüllte Spectralröhre mit capillarem Zwischenstück ein, so sieht man in der Regel in der Lufröhre das Bandenspectrum, in der Wasserstoffröhre das Linienspectrum. Hr. Goldstein glaubt, daß hier die Entladungsart in beiden Röhren dieselbe sey, und daß deshalb beide das gleichartige Spectrum liefern müßten. Diese Ansicht ist irrig, die Entladungsart ist in beiden Röhren nicht dieselbe, sondern in der Wasserstoffröhre tritt die Funkenentladung ein. Ich habe nämlich bei der Untersuchung, aus der ich vorhin eine Reihe mittheilte, gefunden, daß die Ausbildung des Funkens in Wasserstoffröhren wesentlich von dem Querschnitt der Röhre abhängt. In Röhren, deren Länge stets 1 Decim. betrug und in denen die Spitzen der Elektroden 8 Centm. von einander entfernt sind, von 2 Centm. Querschnitt, bedarf es einer großen Dichtigkeit des eingeschlossenen Gases, um überhaupt den Funken zu erhalten; beträgt der Durchmesser nur 1 oder $\frac{1}{2}$ Centm., so wird selbst bei geringen Drucken die Entladung stets durch den Funken eröffnet, und dann folgt erst das positive, die ganze Röhre erfüllende Büschellicht. In capillaren Röhren bleibt oft das positive Büschellicht ganz aus, und es zeigt sich nur der Funke. Dabei bieten dann die Spectralröhren mit capillarem Zwischenstück bei geringem Druck des Gases die Erscheinung der intermittirenden

Funken, wie sie oben beschrieben ist, in den weitem Theilen der Röhre tritt die ausgebreitete Entladung auf, in dem capillaren Theil der Funke. Zuweilen tritt die Intermittenz selbst in dem capillaren Theil auf, an einzelnen Stellen derselben verschwindet der Funke fast vollständig, sofort zeigt dann die Stelle des capillaren Theiles das Bandenspectrum. Worin dieses eigenthümliche Verhalten des Wasserstoffs begründet ist, vermag ich noch nicht anzugeben.

Ich begnüge mich für heute mit dieser Widerlegung der hauptsächlichsten Entwürfe des Hrn. Goldstein und behalte mir ein weiteres Eingehen auf dessen Versuche vor, wenn ich meine Untersuchung über die Formen der Entladung in mit verdünnten Gasen gefüllten Räumen abgeschlossen habe. Ich bemerke nur noch, daß ich keinen einzigen Versuch des Hrn. Goldstein mit meiner Erklärung der verschiedenen Gasspectra im Widerspruch finde.

IX. *Ueber die Schallgeschwindigkeit des Wassers in Röhren.*

Vorläufige Mittheilung von Dr. V. Dvořák.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzungsab. d. Wien. Acad. Bd. 70.)

Aus Anlaß der im neuesten Hefte von Pogg. Annalen erschienenen Arbeit von A. Kundt und O. Lehmann: „*Ueber longitudinale Schwingungen und Klangfiguren in cylindrischen Flüssigkeitssäulen*“ bin ich genöthigt, die Resultate meiner denselben Gegenstand betreffenden Untersuchung vorläufig mitzutheilen. Ich versuchte, schon vor längerer Zeit Staubfiguren im Wasser zu erzeugen, was mir auch theilweise gelang, wie aus der am Schlusse meiner Arbeit: „*Ueber die Entstehungsweise der Kundt'schen*

Staubfiguren“ (Sitzber. 1873¹⁾) erhellt: „Auch erhielt ich in einer mit Wasser gefüllten Glasröhre, die durch Reiben mit einem nassen Tuche zum Tönen gebracht wurde, Rippen, zuweilen von einer solchen Feinheit, daß sie kaum mit freiem Auge zu unterscheiden waren. Zur Erzeugung der Schichten wurde aufgeweichtes Schiefspulver verwendet, welches jede Art von Schichten, selbst die feinsten, besonders gut zu zeigen vermag.“

Das Streichen der Röhren mit nassem Tuch führt jedoch zu keinem befriedigenden Resultate, wenn es sich nicht bloß um die Erzeugung von Schichten, sondern um Messungen der Wellenlänge des betreffenden Tones im Wasser handelt. Ich versuchte daher auf eine ähnliche Art, wie es Kundt gethan hat, das Wasser zum Tönen zu bringen, da aber der erste Versuch nicht nach Wunsch ausfiel, so verfiel ich auf eine andere Art der Untersuchung. Ich nahm eine etwa 2 Meter lange Glasröhre, schmolz sie an einem Ende zu, und bog sie etwa eine Hand breit vom anderen Ende rechtwinklig um. Dann goß ich soviel Wasser in dieselbe, daß nur ein kleiner Theil des rechtwinklig umgebogenen Stückes mit Wasser gefüllt war. Die in dem aufgebogenen Theile enthaltene Luftsäule wurde durch kräftiges Darüberblasen mit dem Munde zum Tönen gebracht; die Tonhöhe wurde durch Hinwegnehmen oder Zugießen des Wassers geändert. War der Ton gut getroffen, so zeigte das Schiefspulver (dieses wurde durch Filtriren zuvor vom Salpeter befreit) schon nach 4 bis 5 maligem Anblasen sehr schöne Rippen. In diesem Falle hatte man eine Anordnung, die einer gedeckten Wasserpfeife entsprach. Es zeigte sich jedoch, daß die einzelnen Knoten regelmäßig einen sehr ungleichen, gegenseitigen Abstand hatten, so daß z. B. bei einer Glasröhre ein bestimmter Knotenabstand beinahe nur halb so groß war, wie ein zweiter. *Es sind also die Staubfiguren in gedeckten Röhren zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht zu verwenden.*

1) Pogg. Ann. 1874, Bd. 151, S. 634.

Um eine schwingende Wassersäule zu erhalten, die an beiden Enden frei war, bog ich die Röhre auch am zugeschmolzenen Ende um, jedoch nur ein sehr kurzes Stück, etwa einen Finger breit, und liefs eine große Luftblase hinein. Die Wassersäule sprach jetzt als offene Pfeife an und gab scharfe Staubfiguren, wobei auch die Knoten gleichweit entfernt waren. Um den Einfluß der Dicke der Röhrenwand und des Röhrendurchmessers festzustellen, machte ich einige Versuchsreihen. Die Tonhöhe wurde mit einem Monochord bestimmt. In der folgenden Tafel bedeutet D den inneren Röhrendurchmesser, δ die Wanddicke, l die Saitenlänge des betreffenden Tones am Monochord, λ die gemessene Wellenlänge, n die Schwingungszahl, c die daraus berechnete Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die Temperatur war im Mittel 19° C.

	l	λ	D	δ	n	c
	in Millimetern					Meter
Röhre No. 1.	188	947	17,9	0,82		
	187	942				
	186	944				
	186	947				
	186	946				
	185,5	942				
Mittel . .	186,4	944			1021,7	998
Röhre No. 2.	179,5	962	11,7	0,63		
	179,5	962				
	177	942				
	180	948				
	179	945				
	177,5	942				
Mittel . .	178,7	950			1102	1046
Röhre No. 3.	161,5	956	8,46	0,52		
	161	937				
	162	957				
	161,5	955				
	162,5	962				
	161	963				
Mittel . .	161,6	955			1219	1164

	l	λ	D	δ	n	c
	in Millimetern					Meter
Röhre No. 4.	193,5	1187	15	2		
	193	1195				
	193,5	1190				
	192,5	1188				
	193	1184				
	192	1184				
Mittel . .	192,9	1188			1021,7	1213
Röhre No. 5.	190	1228	11	2		
	187,5	1245				
	185,5	1217				
	186	1212				
	186	1227				
	190	1227				
Mittel . .	187,5	1219			1046	1281

Die Röhre No. 1, die eine so geringe Fortpflanzungsgeschwindigkeit zeigte, wurde unter Wasser gesetzt; es zeigte sich aber kein sehr merklicher Unterschied gegen früher, wo die Röhre nicht von Wasser umgeben war. Die Versuchsreihe ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

	l	λ	n	c
	in Millimetern			
Röhre No. 1.	186,5	950		
	186	956		
	185,5	955		
	184	947		
	184	952		
	184	942		
Mittel . .	184,9	950	1065	1011

Es scheint sich also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit um etwas, wenn auch nicht um viel zu vermehren. Auch die Doppelbrechung des Wassers im Knoten wurde auf

Wunsch des Hrn. Prof. Mach (vergl. dessen „optisch-akustische Versuche“, Prag 1872, S. 25) untersucht, das Resultat jedoch war ein negatives.

Hr. Prof. Masch maafs auch mit einem Mikroskope die Gröfse der Gesamtexcursion im Bauch der Röhre No. 4: sie betrug $0,016^{\text{mm}}$.

Was die Bemerkung Kundt's betrifft, dafs das Wasser nur dann schwinde, wenn es vollkommen frei von Luftblasen ist, so war dieses bei meinen Versuchen nicht der Fall. Die *vorhandenen kleinen Luftblasen bewegen sich beim Tönen sehr rapid gegen den Knoten hin*, wo sie sich zu einer gröfseren Luftblase verbinden. Schon Cagniard Latour hat beobachtet, dafs bei einer gestrichenen, mit Wasser gefüllten Glasröhre die Luftblasen zum Boden der Röhre fahren, was jedoch nur theilweise richtig ist. Auch hat er schon die Bemerkung gemacht, dafs durch das Schwingen des Wassers die absorbirte Luft freigegeben wird. Das Nähere darüber will ich sammt einigen neuen Beobachtungen in einer ausführlicheren Mittheilung angeben.

Prag, am 16. November 1874.